CARPINTERÍA

ANTIGUA Y MODERNA

TRATADO GENERAL TEÓRICO-PRÁCTICO

PARA USO DE CARPINTEROS, INGENIEROS, ARQUITECTOS, MAESTROS DE OBRAS, DIBUJANTES, PINTORES, CONSTRUCTORES, ALUMNOS DE ESCUELAS Y ACADEMIAS ESPECIALES, ETC., ETC.

REDACTADO EN VISTA DE LAS OBRAS DE

Adhemar, Diego Lope de Arenas, Cabanié, Douliot, Emy, Fourneaux, Frezier, Hassenfratz, Krafft, Merly, Riddel y otros

COMPRENDIENDO LOS TRABAJOS Y CONOCIMIENTOS MÁS MODERNOS SOBRE EL ARTE

POR

D. FEDERICO DE ARIAS Y SCALA

INGENIERO

OBRA ILUSTRADA CON 500 Á 600 LÁMINAS

explicativas del texto
ó que representan las aplicaciones más artísticas y hermosas
de la carpintería antigua y moderna

TERCERA EDICIÓN

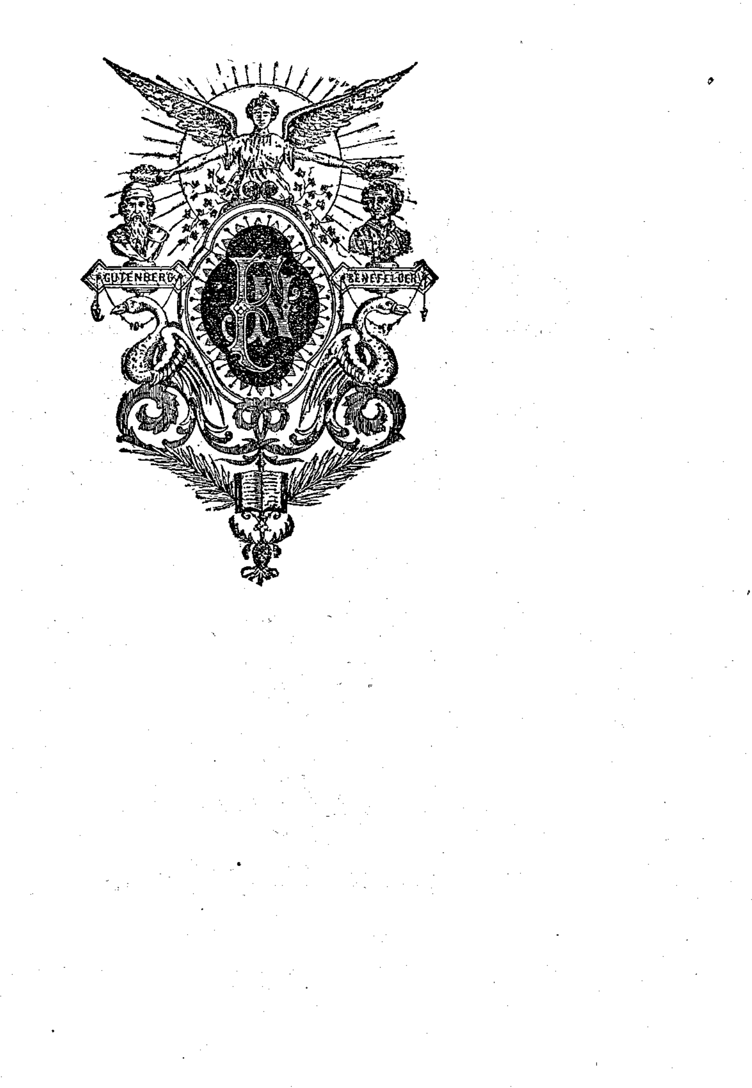
BARCELONA
F. NACENTE, EDITOR
BRUCH, 89 Y 91

1893

José Famades, impresor, calle de Lauria, 82.—Barcelona.

CARPINTERIA

ANTIGUA Y MODERNA


GUTENBERG
SENEFELDER

CARPINTERÍA

ANTIGUA Y MODERNA

INTRODUCCIÓN

El arte de trabajar la madera, titulado *Carpintería,* puede considerarse dividido en tres secciones principales, á saber:

1.ª Sección *Carpintería de obras de afuera, de armar, ó de lo blanco,* que comprende todo lo que se refiere á la construcción de edificios: como entramados, armaduras, pisos, andamios, etc., á la de puentes y construcciones hidráulicas y hasta á la naval, llamada también carpintería de ribera, que emplea para su objeto procedimientos especiales.

2.ª Sección. *Carpintería de taller* que puede subdividirse en *obra fija* y en *obra movible*, considerándose como obra fija la que, como las escaleras, marcos de puertas y ventanas, cornisas y aleros de madera, etc., se clava ó recibe con mezcla en los edificios. Como obra movible sólo se considera generalmente el mobiliario y otras análogas. Las puertas, ventanas, vidrieras, persianas, mamparas, etc., participan de ambas clasificaciones, siendo obra fija por estar sujetas á sus respectivos marcos ó á las paredes directamente por medio de visagras, goznes, pernios, ú otros herrajes, considerándose también como obra movible porque abren, cierran y pueden separarse fácilmente de sus marcos ó cercos.

3.ª Sección. *Ebanistería*, cuyo principal objeto es la ornamentación por medio de maderas finas, empleando como auxiliares el hierro y otros metales, el marfil, nácar, los barnices, etc., etc. También se subdivide esta sección en obra *gruesa* ó *fina* y en *obra ligera*, correspondiendo á la primera la construcción de escaleras, puertas, ventanas, pavimentos y otras clases de obras semejantes, y á la segunda la de los muebles y sus similares.

La carpintería tiene un origen tan antiguo como el de la formación de las primeras sociedades. Los primeros trabajos de tan utilísimo arte debieron consistir en la fabricación de albergues que substituyesen con ventaja á las cavernas abiertas en las rocas ó á la sombra de los bosques, cuando las primeras razas humanas no encontraron bajo estos techos naturales seguridad suficiente contra la inclemencia de las estaciones ó no los hallaron en bastante número y con las condiciones que sus crecientes necesidades requerían.

Las primeras habitaciones debieron ser de madera por la abundancia de los árboles en los primitivos tiempos, su forma especial y la facilidad de cortarlos total ó parcialmente, prestándose este material mejor que la piedra á la construcción de las rústicas cabañas en que se abrigaban nuestros antecesores.

Aquellas primeras habitaciones construídas para una sola familia eran una simple defensa contra los ataques de las fieras y la impetuosidad de los vientos, al mismo tiempo que un abrigo que librase á sus habitantes de los ardores del sol, la crudeza del frío y las incomodidades de la lluvia: una abertura única debía dar paso á sus moradores, á la luz del día y al humo.

Las formas de aquellas primeras construcciones no se conocen, pero sin duda debieron ser parecidas á las que todavía se encuentran en diversas regiones de la tierra en que aun no ha penetrado la civilización, siendo también tipos de este género las cabañas que los leñadores y carboneros construyen en nuestros bosques.

La cabaña de una familia salvaje tiene su armazón generalmente formada por gruesas ramas de árboles plantadas en el suelo, las que, si su flexibilidad lo consiente, son encorvadas en semicírculo, sujetando sus extremos en el suelo á fin de formar una armazón esférica ó cilíndrica, según que la forma del recinto sea redonda ó rectangular, cuya armazón sostiene la cubierta. En otras, las maderas se plantan en el suelo por sus extremos inferiores, reuniendo sencillamente los superiores para formar así el techo. Las viviendas de mayores dimensiones se contruyen con árboles colocados verticalmente y sujetos por travesaños, sosteniendo el techo otras piezas de madera horizontales, dando esto á conocer los primeros pasos del arte.

Las cortezas, las grandes hojas de algunos árboles y los tejidos de juncos y otras materias bastan en los países cálidos para cubrir las cabañas; el frío de las zonas templadas obliga con el mismo objeto á recurrir á las pieles de los animales, capas espesas de bálago, ramaje, céspedes, etc., y en los países muy fríos se presentan las cabañas casi enterradas, sosteniendo por medio de maderas horizontales las tierras desmontadas que sirven para evitar la pérdida del calor interior y también de defensa contra las lluvias. En los terrenos húmedos ó sujetos á inundaciones se construyen las cabañas sobre los árboles, cuyas ramas son el principal sostén ó bien se establecen sobre pilotes, colocando el piso á una altura conveniente sobre las aguas.

En todas estas construcciones primitivas se observa la particularidad de que las diferentes piezas que las componen, están combinadas de un modo casi invariable, siendo muy raro encontrar muescas ni ensambles, hallándose generalmente ligadas de una manera muy sólida con mimbres, tomizas, correas ú otras materias comúnmente impregnadas de alguna substancia para apretarlas, endurecerlas y conservarlas.

Las estacas clavadas en el suelo que formaban las primitivas cabañas se pudrían pronto por su parte enterrada, comprometiendo así la seguridad de la construcción y obligando á construir otras nuevas, y para evitar esta causa de destrucción se ideó un pequeño cimiento de piedra menuda que preservó las maderas de la humedad, logran-

do al mismo tiempo la verticalidad de las piezas por medio de puntales.

Las primeras nociones de una geometría instintiva dieron á conocer la invariabilidad de las formas triangulares que tanta resistencia comunican á las construcciones de madera, ya se sujeten las diferentes piezas por medio de ligaduras ó de ensambles, principio observado hasta el presente en las obras de carpintería, cualquiera que sea su importancia.

Los adelantos de tan útil arte debieron ser muy lentos en su principio por las pocas necesidades de los primitivos moradores de la tierra, y hasta el descubrimiento de los metales, que permitió substituir las ligaduras con muescas y ensambles, disminuyendo los espesores producidos por el cruzamiento de las piezas y haciendo desaparecer las rústicas desigualdades de las paredes de las cabañas, debiendo nacer la idea de escuadrar las maderas cuando las herramientas de metal substituyeron á las primeras hachas de pedernal.

Las herramientas usadas por los carpinteros han sido durante mucho tiempo en pequeño número, y aún en la actualidad hay países en que no se conoce la sierra, pudiéndose citar muchos puntos de Rusia donde sólo se emplea el hacha, la azuela y la barrena por toda clase de construcciones de madera. Muy lentamente se ha generalizado el uso de varias ingeniosas herramientas que han tenido que luchar con la rutina y con la falta de conocimientos y de medios de ejecución, multiplicándose su número en la época moderna. Las grandes construcciones y el inmenso desarrollo de las obras públicas en los últimos cincuenta años han obligado á buscar medios rápidos y económicos de labrar la madera, aprovechándola en vista de su escasez, consiguiéndolo con ayuda de los extensos conocimientos adquiridos en la mecánica, que ha producido infinidad de máquinas, las cuales labran la madera con rara perfección, ejecutando toda clase de labores desde las más bastas hasta las más finas y delicadas con una exactitud matemática.

Los progresos sucesivos en la marcha de las construcciones de madera no son conocidos desde los primitivos tiempos hasta alcanzar la perfección que se observa en los actuales edificios de madera de la Suíza, Rusia, Noruega, China, Japón y otros países que presentan tipos tan diversos y dignos de estudiar, viéndose en ellos los adelantos de sus respectivas civilizaciones y la influencia que ha ejercido el clima y el lugar donde cada uno se ha construído.

Durante muchos siglos se construyeron los edificios de madera, especialmente en los países abundantes de bosques, levantándose con este material grandes edificios públicos hasta el siglo VIII, pudiendo citarse como ejemplo la catedral de Estrasburgo, cuyos muros estaban formados de grandes troncos de árboles aserrados por su mitad longitudinalmente, colocados en situación vertical, con la parte semicilíndrica al exterior; los huecos estaban llenos con tierra y mortero, y el techo cubierto con bálago.

Varias causas han obligado á construir los edificios con mampostería, siendo la principal el agotamiento de los bosques, debido al gran consumo de madera y á la invasión de la agricultura que los alejaba paulatinamente de los lugares populosos haciendo su transporte costoso y difícil, contribuyendo poderosamente á ello el temor á los incendios y la facilidad con que se pudre y es atacada la madera por los insectos. Pero la substitución se verificó lenta y paulatinamente, principiando por los cimientos y muros de base, así como gran parte de las medianerías en las que se apoyaban las chimeneas, conservándose por mucho tiempo los entramados de madera en las paredes de fachadas y en las interiores, siendo aún de este último material en la actualidad la gran mayoría de los pisos y armaduras de las cubiertas de los

edificios que se construyen en todas partes; así como las puertas, ventanas, gran parte de las escaleras, muebles y otras obras en las que será difícil sea substituído por ningún otro. En el Norte de Europa se encuentran todavía hermosas poblaciones, cuyos edificios, de varios pisos, están enteramente construídos de madera, sistema que también se emplea casi por completo en las modernas ciudades del Norte de la joven América, como Boston y otras muchas situadas en semejantes latitudes.

La construcción de las inmensas flotas botadas al agua durante los últimos siglos fué una causa principal del arrasamiento de los bosques, siendo la madera casi el único material de que estaban formados los buques, pues el hierro, el cobre y otras materias entraban en cantidades relativamente pequeñas en su formación, llegando á tal punto la carencia de maderas, que algunas naciones se vieron obligadas á dictar disposiciones restrictivas para el aprovechamiento de los bosques á fin de conservar para el arte naval un material tan irreemplazable, obteniendo la marina el derecho de escoger en primer lugar los árboles que creía más convenientes para su servicio. Estas restricciones obligaron á economizar la madera en las demás aplicaciones de la carpintería, especialmente en la construcción de edificios, en las que se empleaban grandes escuadrías y piezas largas, así como una abundancia excesiva de piezas que, si bien daban gran solidez y estabilidad al conjunto, sobrecargaban la construcción y obligaban á fabricar muros de grandes espesores que sostuviesen tan enormes pesos.

Tal inconveniente fué un motivo de estudio que hizo adelantar en gran manera el arte de la carpintería, pues además de inventarse diferentes sistemas de armaduras para el aprovechamiento de las maderas de cortas longitudes, se buscó su resistencia límite, obteniéndose formas sencillas, ligeras y elegantes en vez de las pesadas y complicadas usadas anteriormente.

El número de buques que en la actualidad surcan los mares es inmenso, pero aunque la madera forma todavía una de sus principales partes componentes, necesitándose para su construcción especiales conocimientos de carpintería, su empleo es en cada buque en menor cantidad, pues el hierro y el acero la han substituído con gran ventaja.

La combustión ha sido también una causa importante, que ha contribuído quizás más que las ya citadas para la destrucción del arbolado; las leñas y los carbones han consumido inmensas extensiones de bosques en todos los países, continuando en la actualidad en muchos puntos tal derroche, aunque en otros el descubrimiento y uso del carbón de piedra ha venido en auxilio de la conservación de los bosques. En las naciones principales de Europa se han dictado leyes y creado cuerpos especiales para conservar y repoblar los bosques á fin de que no se extinga este importante elemento de riqueza, comprendiendo además que la falta de arbolado modifica de un modo perjudicial el clima de un país. A las especies agotadas de Europa substituyen otras más vigorosas importadas de América, Asia y Oceanía; se estudia su implantación en los lugares más convenientes para cada especie y su más útil aprovechamiento, comprendiéndose que entramos en una era de regeneración para el arbolado, que además de su utilidad, es el más bello ornamento de la tierra.

En nuestros días consumen los ferrocarriles cantidades inmensas de maderas, tanto en la construcción de las nuevas líneas, como en la conservación de las que se hallan hace más ó menos tiempo en explotación, empleándose una parte importante del producto de ésta en la renovación de las traviesas sobre las que asientan los carriles de hierro. También entra la madera en la

formación de las cimbras para los puentes, en los largueros permanentes de éstos y en los edificios provisionales y definitivos que de diversas clases y en gran cantidad necesitan estos grandes auxiliares del comercio y de la industria que tanto han contribuído al adelanto de la carpintería, debiendo hacer nota, que si bien en general los puentes y viaductos se construyen de mampostería y hierro, muchos se forman de madera, especialmente en América por las condiciones especiales de aquel país.

En la construcción de las armaduras que sostienen las cubiertas de los edificios, es donde brilla desde un principio la inteligencia del carpintero, observándose multitud de ingeniosas combinaciones, algunas de las cuales conservan todavía el nombre de sus inventores; en ellas, además de tener el constructor que resolver el problema de cubrir un espacio de mayor ó menor magnitud, de forma circular ó elíptica, cuadrada, rectangular, exagonal, etc., ó bien compuesta de un conjunto de varias de estas formas, tiene que luchar con las dimensiones del material de que puede disponer, estudiar su resistencia y peso á fin de economizarlo y no recargar la construcción, dándole además la solidez necesaria para sostener la cubierta, que puede ser compuesta de superficies planas, esféricas ú otras, ó de la combinación de éstas. Los cuchillos ó cerchas tienen que ser rectos ó curvos, compuestos de grandes piezas ó de un conjunto de pequeñas, viéndose á veces obligado á encorvarlas por medio de los procedimientos que emplea la carpintería naval, ó bien aprovechando la flexibilidad propia de la madera cuando se la reduce á un pequeño espesor. Para combinar y sujetar unas á otras tantas diferentes piezas de una manera sólida é invariable, emplea multitud de formas de ensamble aplicadas según la situación y figura de aquéllas, asegurándolas con cuñas ó cabillas de madera, pernos ó abrazaderas de hierro, etc. En un principio el hierro sólo figuraba en estas construcciones como auxiliar, únicamente para asegurar la unión de las piezas de madera, pero en la actualidad se construyen armaduras mixtas de madera y hierro más ligeras y elegantes que las de solo el primer material, siendo en general, al propio tiempo, también más económicas. El uso de las armaduras completamente de hierro, es ya común para las grandes construcciones, sin que á pesar de esto haya perdido nada de su importancia la carpintería propiamente dicha.

En los países en que se construían de madera los edificios de la Edad Media, que era la mayor parte de Europa, el escultor, el pintor y hasta el dorador auxiliaban al principal artista, el carpintero, en la construcción de las casas de las personas pudientes á fin de adornar las fachadas; en algunas, una vez colocadas todas las maderas perfectamente labradas y ensambladas, se tallaban ó esculpían las caras vistas llenándolas de molduras, adornos y figuras, pintándolas á veces con brillantes colores, como asimismo los rellenos ó tabiques que quedaban entre las maderas; en otras cubrían los paños que quedaban entre los vanos con tableros que ocultaban dichos rellenos. En el interior de las habitaciones se labraban las maderas de los techos y adornaban de la misma manera, y hasta las de las armaduras y cubiertas interiores ostentaban adornos semejantes si quedaban á la vista.

Cuando las construcciones de mampostería, ladrillo ó piedra se generalizaron, los que las fabricaban todavía de madera, trataron de dar á éstas la apariencia de aquéllas, y al efecto colocaron las maderas sin labrar, á fin de que en su superficie se sostuviese el revoque de mortero ó yeso con el que cubrían toda la fachada, ahorrando así la mano de obra del labrado de la madera que no fuese la que tenía que emplearse en la construcción de los ensambles necesarios, resultando una construcción viciosa, puesto que,

como el trabajo no se veía, el carpintero no se esmeraba en estos ensambles que eran la seguridad de la obra. Por fortuna se han abandonado estos procedimientos defectuosos en las construcciones modernas; el carpintero, al presente, labra perfectamente las maderas y ejecuta con perfección los ensambles á fin de que ajusten exactamente y no dejen paso al polvo, á los insectos, ni á cualquier otro motivo de destrucción.

A medida que aumenta la luz de una armadura, crece su peso y la longitud de sus piezas principales, así como el número de juntas ó uniones, aumentándose también el número de las piezas componentes, y teniendo que sufrir todos los ensambles mayores fuerzas; por lo que, cuanto mayor sean las dimensiones de la armadura, deben evitarse con más cuidado los errores en las medidas de sus diferentes piezas, labrando con más escrupuloso cuidado todos los ensambles.

Deben tenerse en cuenta también las variaciones atmosféricas, pues el calor, la humedad y los vientos secos tienen á la madera en continuo movimiento que altera sus dimensiones, y asimismo el esfuerzo que ejercen los vientos impetuosos y el peso de la nieve, no debiendo tampoco olvidar el efecto de las vibraciones producidas por los habitantes del edificio ó por las máquinas que en él puedan hallarse establecidas, siendo también á veces sensible el efecto ocasionado por el movimiento de un gran número de personas y carruajes en la vía pública.

Se comprende, por lo tanto, la necesidad absoluta de que el dibujo y corte de los ensambles se ejecute con toda precisión y de que se ajusten perfectamente las piezas no dejando huecos, labrando esmeradamente estas últimas, con lo que se logra ejecutar mejor los ensambles y que contribuyan á su seguridad, pues las maderas labradas y pulimentadas resisten mejor á las influencias atmosféricas, á los insectos y á cualquier motivo de destrucción. También es conveniente achaflanar ó redondear las aristas de las piezas fuera de los ensambles, pues padecen menos con los choques, siendo la parte más débil de ellas. Las superficies lisas de las maderas bien labradas reciben con más facilidad la pintura al óleo, que es un medio poderoso de conservación cuando por su importancia se desea preservarlas perfectamente, aplicándose barnices á las maderas finas con que se construyen otras clases de obras.

Cuantas consideraciones quedan hechas sobre las maderas que componen los edificios, pueden aplicarse á toda clase de construcciones de madera, como muebles ordinarios y de lujo, máquinas, cimbras, andamios, entarimados, puertas ventanas, persianas, etcétera. Las herramientas que se emplean están construídas bajo los mismos principios para toda clase de obra; los ensambles son también en cada caso adecuados al trabajo que se quiere ejecutar aunque parecidos en circunstancias análogas, por lo que, todo cuanto se explique en este libro llenará condiciones de generalidad.

El arte del carpintero es el primero que alcanzó la perfección y el que ha proporcionado más beneficios á la humanidad, de él han imitado muchos otros sus procedimientos y herramientas. La arquitectura, que en el día raya á tanta altura, se honra en imitar las primitivas construcciones de madera, pudiendo considerarse como hija de aquélla. El ingeniero, el arquitecto y cuantos tienen que relacionarse con la construcción, cualquiera que ésta sea, no pueden ignorar sus procedimientos, aunque no los practiquen con las herramientas en la mano como el carpintero. Si todas las artes deben algo á la carpintería desde su principio, no es menos cierto que ésta á su vez ha adelantado prodigiosamente en estos últimos tiempos, sirviéndose para ello de los descubrimientos debidos á las ciencias, con cuyo auxilio contribuye á toda clase de trabajos, como la erección de monumentos, la consolidación

de terrenos para construcción de viaductos por medio de pilotajes, las construcciones de puentes con sus cimbras y andamios, la elevación de materiales y otras infinitas operaciones que por su multiplicidad son causa de que el carpintero, en general, sea el más inteligente de los obreros por su costumbre de imaginarse los objetos antes de ejecutarlos, por la necesidad de manejar multitud de herramientas, cuerdas, máquinas, y por su agilidad adquirida en los arriesgados trabajos que tiene que ejecutar en la mayor parte de las construcciones, siendo los hombres más adecuados para aquellos trabajos en los que se necesitan concepción rápida y prontitud de ejecución, unidas á la destreza y á la fuerza.

Esta obra reune los conocimientos antiguos y modernos referentes al arte del Carpintero, necesarios á éste, al Arquitecto, al Ingeniero, al Constructor, á los alumnos de las Escuelas y Academias especiales y á cuantos se relacionan con las diferentes ramas de la Carpintería, expresado todo con la mayor extensión y claridad, formando un libro completo, acompañando al texto gran número de láminas explicativas acotadas ó á escala. Además, en un segundo atlas se reunen los tipos de las construcciones y máquinas más modernas referentes á la carpintería como aplicaciones del tratado, pudiendo servir de este modo como album de consulta en todos los casos que pueden presentársele en la práctica al constructor.

CAPITULO PRIMERO

MADERAS DE CONSTRUCCION

El carpintero emplea como material principal y casi único la madera; todos los demás de que hace uso son meros auxiliares que la industria le proporciona, generalmente con la forma precisa para ser aplicada á sus construcciones. La madera procede de los árboles, que son la manifestación más espléndida de las fuerzas de la naturaleza en el reino vegetal, prestando grandes servicios al hombre mientras permanecen en pie sobre la tierra ostentando sus arrogantes copas, reunidos, componiendo frondosos bosques y selvas, ó esparcidos cerca de las habitaciones proporcionando sombra y frescura como también frutos de distintas especies que se utilizan para alimento y otras necesidades de la vida. Es indudable que la madera ha sido el primer material usado por el hombre sobre la tierra en virtud de su abundancia y de sus especiales circunstancias; en la mayor parte de los árboles de que procede, es ligera, elástica, tenaz, compacta y duradera, dejándose labrar de todas maneras y admitiendo toda clase de formas, no siendo menores los servicios que presta como combustible, puesto que la experiencia acredita que un kilogramo de leña que contenga de 20 á 25 por ciento de *agua libre*, desprende al arder más de 2,700 *calorías* (llamándose caloría á la cantidad de calórico que se necesita para elevar en un grado la temperatura de un kilogramo de agua), desprendiendo el mismo kilogramo de leña 3,600 calorías si está perfectamente seca, es decir, si sólo contiene el *agua higrométrica*, lo que equivale á elevar en 100 grados la temperatura de 36 kilogramos de agua.

Al carpintero le es necesario tener algunas nociones sobre la estructura anatómica de la madera y principios constitutivos del tejido leñoso, debiendo conocer las propiedades físicas y resistencia de las especies más usuales, la cría y aprovechamiento de los árboles maderables, la labra y trabajo

mecánico de la madera, sus enfermedades y defectos, así como también el modo de conservarla.

Los botánicos clasifican los vegetales, y por lo tanto los árboles que pertenecen al orden más elevado, según la organización interior de sus semillas, ó sea por el número de *cotiledones* ó lóbulos que componen cada una de ellas, á causa de que las semillas divididas de diferente manera dentro de sus vainas producen plantas muy diversas, tanto por las diferencias que se notan en sus troncos y en la forma de sus hojas y flores, como por su contextura interior y crecimiento. Los árboles se hallan divididos en dos clases: á la primera pertenecen los titulados *monocotiledóneos*, que son aquellos cuya semilla está formada por un solo *cotiledón*, y en la segunda figuran los *dicotiledóneos* y los *policotiledóneos*, que tienen sus semillas divididas interiormente en dos ó más *cotiledones*.

Los árboles de la primera clase ó sean los *monocotiledóneos*, conocidos generalmente bajo el nombre de *palmeras* ó *palmas*, son escasos en Europa y sólo se desarrollan con vigor en los países cálidos; su elegante tallo ó estipa se eleva á gran altura, coronándolo un penacho de largas y hermosas hojas por entre las que asoman las flores y los frutos; en los países cercanos á los trópicos tienen estos árboles una importancia de primer orden, ya que proporcionan á sus habitantes, trajes, alimentos, bebidas agradables y maderas para construir sus habitaciones. El crecimiento de esta especie de árboles resulta de la producción de las hojas que salen del centro del penacho ó cogollo, y son la prolongacion de estuches concéntricos que parten desde las raíces, los cuales al desarrollarse oprimen y dilatan los que le han precedido, determinando la extensión de éstos el progresivo grueso del tallo ó estipa. Las hojas están colocadas en el punto culminante de cada estuche, cuyo borde á medida que crece, aumenta en dureza y se hace más compacto concluyendo por formar un anillo del que se desprende la hoja al secarse; la corteza está compuesta por superposición de estos anillos, presentando en toda la altura del tallo ó estipa las cicatrices ó señales que dan á conocer los puntos donde las hojas se hallaban adheridas. La madera de estos árboles no presenta en su interior corazón aparente ni capas concéntricas, viéndose sólo un tejido flojo compuesto de multitud de fibras leñosas extendidas en toda la longitud del árbol; estas fibras están rodeadas por un abundante tejido celular, tanto más compacto cuanto más próximo á la corteza; este organismo especial es el resultado del sistema de crecimiento de los monocotiledóneos, particularmente de las palmeras, siendo muy difícil cortarlos transversalmente hastacon la sierra, cuando por el contrario es fácil dividirlos quebrando sucesivamente las fibras.

La segunda clase de árboles, ó sean los *dicotiledóneos* y *policotiledóneos*, se encuentra sobre toda la superficie de la tierra; su madera es la generalmente empleada en toda clase de construcciones, siendo, por lo tanto, necesario conocerla más á fondo y con mayor número de detalles que la primera clase. El aspecto de esta clase es muy diferente del de aquélla , distinguiéndose también bastante entre sí las diversas variedades que la forman. Generalmente el tronco es algo cónico, siendo el diámetro cerca de las raíces algo mayor que el de su extremo superior. Las copas de estos árboles están formadas por las diferentes ramas principales en que se divide la parte superior del tronco, subdividiéndose á su vez aquéllas en otras ramas secundarias, de las que brotan las ramillas donde están colocadas las hojas más ó menos grandes según las especies, observándose que se hallan distribuídas dichas hojas en un orden regular y constante en cada una de ellas.

Estructura de la madera. En los árboles se comprende por madera el tejido que forma la parte subcortical del tronco, ramas y raíces, el cual, según las especies, es más ó menos denso y compacto. Entre los elementos anatómicos de la madera se observan algunos esenciales, comunes á todas las especies, como son las celdillas, fibras y radios medulares, y otros que no son tan generales, como los vasos y los canales resiníferos, puesto que carecen de ellos algunas especies. Los vegetales dicotiledóneos proporcionan la madera más adecuada para la construcción, la cual está constituída por la unión íntima de anillos concéntricos que se forman anualmente del centro al exterior, distinguiéndose en estas capas anuales la parte interna que se llama *crecimiento de primavera*, de la externa que se titula *crecimiento de otoño*, constituyendo estas capas un compuesto de celdillas, fibras, vasos y canales que son atravesados por radios medulares, que se dirigen del centro ó médula hasta la corteza que cubre el conjunto.

Las *celdillas* que forman el tejido celular ó *parenquima*, son el elemento anatómico del vegetal, y presentan formas diversas debidas á la compresión que sufren entre sí desde su nacimiento, la cual modifica su primitiva forma y la de la substancia en que se hallan incrustadas: sus dimensiones y su estado de agregación influyen en las cualidades físicas de la madera.

Las *fibras* forman en el árbol el tejido fibroso ó *prosenquima*, que es la parte más compacta que se observa en su sección transversal, siendo el elemento constitutivo principal que figura en toda clase de maderas y dependiendo la forma del grano de éstas de las proporciones y tamaño de aquéllas y de su sistema de agrupación en hacecillos paralelos ó entrelazados, notándose en él con dificultad á simple vista dos partes distintas ó elementos, uno de los cuales es duro y coloreado, que forma la *prosenquima* ó tejido fibroso, propiamente dicho, y el otro más blando y claro, llamado *parenquima leñoso*, que no figura en las coníferas, pero sí en la mayoría de las especies frondosas, depositándose en él la substancia nutritiva del árbol que éste utiliza á medida de su crecimiento.

Los *radios medulares* son comunes á todas las maderas, encontrándose transversalmente al árbol desde la médula hasta la cubierta herbácea de la corteza en forma de láminas verticales de un tejido seco y quebradizo, formado por celdillas uniformes, en las que se acumula substancia nutritiva del árbol, que puede considerarse de reserva, debiendo notarse en estos radios la longitud el grueso y la altura; observando la longitud en una sección transversal del árbol, se distinguen los *radios completos* que parten de la médula, de los *incompletos* producidos por las capas anuales que la rodean; si éstas son circulares, los radios medulares son rectos, y si las capas son onduladas, resultan quebrados los radios, cuyo espesor es constante en las maderas de la misma especie, aunque en algunas, como el roble, se ensanchan desde la médula á la corteza; el mayor espesor ó grueso á que llegan los radios en algunas especies es el de dos milímetros. Los árboles que tienen los radios más gruesos son los de la familia de la encina y del alcornoque, disminuyendo progresivamente en las especies semejantes al roble, aliso, avellano, haya, plátano, sicómoro, acebo, cerezo, arce de hoja plana, olmo, fresno, abedul, arce campestre, castaño, peral y sauces, concluyendo por las coníferas en las que ya son muy delgados. Se cuenta la altura longitudinalmente, siendo muy altos (unos tres decímetros) en la vitígera, disminuyendo rápidamente en los robles, haya, ciruelo, fresno, hasta el boj, en el que sólo tiene dos décimos de milímetro. Los radios medulares se presentan en forma de líneas radiantes en la sección transversal del trronco, en las que brillan ciertas manchas ó reflejos que

se llaman *lentejuelas* ó *espejuelos*, las que tienen un color más ó menos claro que el tejido leñoso de que forman parte.

Los *vasos* se encuentran en las especies frondosas de las *angiospermas*, pero no en las *gimnospernas coníferas*, siendo tubos prolongados continuos ó irregulares colocados longitudinalmente en el tejido leñoso, mayores que las cifras, notándose á simple vista en forma de poros ó agujeros en la sección transversal del árbol: en la superficie de los vasos se ven poros diferentemente dispuestos y de varias dimensiones; los mayores vasos se ven en el roble de las hojas caducas y en el castaño, teniéndolos menores sucesivamente el olmo, fresno, acacia, moral, almez, nogal, abedul, álamos, arces, alisos, avellano, haya, plátano, cerezo, tilo, castaño de Indias, sauces, manzano, peral, mostajo y servales, cuyas últimas clases los tienen muy finos, hallándose mezclados de varias dimensiones en el roble, fresno, castaño y moral. La buena madera tiene los vasos muy pequeños y uniformemente repartidos.

Los *canales resiníferos* sólo se encuentran en las coníferas, en las que reemplazan á los vasos de las demás especies, viéndose en forma de poros en la sección transversal y como en la de los surcos en la longitudinal, hallándose ocupados por trementina ó resinas de color pardo, rojo ó amarillo entre el tejido leñoso; estos canales son muchos y muy visibles en los pinos y el alerce, reduciéndose á sencillas celdillas resiníferas sembradas en el parenquima leñoso del tejo, enebro, cedro y pinabete.

El canal medular es variable según las especies, y conserva siempre en el árbol la forma y dimensiones primitivas, generalmente su sección es circular, en los alisos es triangular y en los álamos pentagonal, hallándose la forma relacionada con el orden de inserción de las hojas; en los árboles de brotes robustos, como el nogal, es grande, y pequeño en el carpe y abedul que los producen débiles; en especies como el nogal y el laurel la médula llena, después de seca, el estuche medular ó se contrae, siendo dura en unas y blanda en otras.

En las *capas anuales* son de mayores dimensiones y paredes más delgadas las celdillas formadas en la primavera, durante el desarrollo de las yemas, que las que se producen en otoño, teniendo éstas un tejido más compacto que aquéllas. La madera del sauce, álamo y otras especies es menos compacta que la del haya, roble y fresno, en las que se desarrollan más pronto las yemas, y por lo tanto, se forma antes el tejido de primavera, que es más reducido en cada capa anual: ambos tejidos se determinan más claramente en las coníferas que en otras especies. En el arce, aliso, abedul, nogal, plátano, chopo, tilo, peral, carpe y servales no es fácil contar los anillos anuales, porque los poros están en cada capa distribuídos con mucha uniformidad; en el roble, castaño, fresno, moral, olmo y acacia forma un anillo muy marcado con poros muy grandes el tejido de primavera; el haya y avellano presentan menos poros en el tejido de otoño.

Los árboles que crecen aislados, y por lo tanto que reciben el sol por completo, tienen sus capas anuales más anchas que los que se crían en la espesura, notándose que en éstos los anillos ó capas anuales más altas son más anchas que las bajas, y las capas formadas en años lluviosos son más gruesas que las de los de sequía. Si la madera tiene el anillo de primavera constante, será más compacta cuanto más gruesa sea la capa anual, como en el roble, puesto que predominará el tejido compacto de otoño; pero si el anillo compacto de otoño es el constante, como en las coníferas, es preferible la madera cuyas capas anuales tengan poco espesor, por quedar reducida la parte de tejido blando de la primavera. En las coníferas se presentan á veces anillos dobles producidos en los veranos secos, en los que se aletarga la vegetación,

tomando fuerza á las primeras lluvias otoñales que dan vida á una nueva capa de tejido esponjoso que constituye la segunda zona; este mismo efecto pueden producirlo las heladas.

Se deduce de lo expuesto, que las maderas de las especies frondosas, cuyo tipo es el roble, son mejores cuanto más anchas sean sus capas anuales, teniendo mejores condiciones las producidas por el tronco que las de las ramas, cuya madera es más porosa y ligera; y al contrario, en las coníferas debe preferirse la madera cuyos anillos ó capas anuales sean delgados, siendo mejor y más fuerte la producida por las ramas que la del tronco.

La madera más usada en la generalidad de las construcciones de toda clase es la de las dicotiledóneas. Si en el tronco de una de éstas se observa una sección transversal, se notan claramente cuatro zonas concéntricas á las que se da los nombres de *corteza, líber, leño* y *médula*; las dos primeras no son aprovechables en carpintería, y los antiguos escribían en hojas sacadas del *líber*, que es la etimología de la palabra *libro* usada actualmente. En la zona leñosa se notan á su vez otras dos divisiones, la más central es el *duramen* ó madera perfecta, y la otra toma el nombre de *albura* en virtud de su color, siendo más blanda que el duramen, y pudiendo en general considerarse como madera imperfecta y de poco valor para la construcción.

La madera formada recientemente tiene casi siempre un color más ó menos blanco, se halla saturada de principios amiláceos, azucarados y nitrogenados en diversas cantidades, abundando en savía; según la especie y las circunstancias en que se cría, así como con el transcurso del tiempo, va modificándose el primer carácter, disminuye su actividad hasta que cesa su crecimiento, conservando sólo rastros de materias fermentables azoadas ó neutras, transformándose al mismo tiempo é incrustándose de lignina, gomas, resinas y materias colorantes, apareciendo en el centro del tronco del árbol la madera perfecta denominada *duramen* ó *corazón*, que se distingue de la más externa llamada *albura*, que á su vez debe convertirse en duramen. En los robles y en los pinos se distinguen perfectamente ambas zonas; el duramen es de color obscuro, seco, duro y compacto; la albura, más clara, húmeda y blanda, rica en savia y principios fermentables; es más fácil de descomponerse, podrirse y atacable por los insectos; algunas especies, como el carpe, temblón, arces y aliso, presentan su zona leñosa uniforme, no notándose en su madera la diferencia ó distinción de albura y duramen; otras, como el álamo blanco y sauce, presentan una zona externa blanca y otra interna rojiza, pero la madera de ambas es de la misma clase, es decir, aprovechable; en el abeto y pinabete las dos zonas son del mismo color, pero la central ó duramen es más compacta que la exterior ó albura, cuyas dos zonas se dan á conocer bien distintas en el roble, olmo, acacia, fresno, alerce, tejo y pino negro, notándose muy poco en el arce, carpe, abedul, haya, pinabete y otros.

Cuanto más perfecto es el duramen de una madera, es menos aprovechable ó tiene peores condiciones su albura, como sucede en el roble y pino, cuyo duramen constituye una excelente madera de construcción, pero cuya albura es preciso desechar, siendo de mejores cualidades la del abeto, pinabete y álamos, que se emplea como duramen en muchos casos.

Como todo en la naturaleza, los árboles tienen una época de mejora y crecimiento hasta llegar á la plenitud de su vida vegetal, desde la que decaen y desmerecen hasta su total destrucción. Se manifiesta comúnmente la vejez en las maderas por medio del color, que se hace más obscuro é intenso y da idea de principios de descomposición, siendo necesario, por lo tanto, cortar los ár-

boles y proceder á su aprovechamiento cuando llegan á su completo desarrollo, si se desea obtener maderas sanas y perfectas. En muchas especies es difícil conocer el límite entre el duramen y la albura, porque como la transformación de ésta en aquél es contínua, son varias las capas anuales ó anillos de albura que se perfeccionan á la vez, y tanto más, cuanto más próximas al duramen ó madera perfecta del centro. Según la especie, el clima y el terreno, varía la proporción entre el duramen y la albura de un árbol, perdiéndose mucha madera cuando esta última es abundante. El mismo duramen varía en condiciones de solidez y por lo tanto de duración, distinguiéndose por ejemplo, en el roble tres clases: *fuerte,* cuando las capas anuales alcanzan el grueso máximo y es abundante la albura; *común,* con medianos gruesos y albura; *floja*, cuando las capas son delgadas y tiene poca albura. Los mejores pinos que provienen del Norte, tienen muy poca albura y capas delgadas, mientras que los de clases inferiores están formados de capas gruesas y mucha albura.

COMPOSICIÓN DEL TEJIDO LEÑOSO. La celulosa es el componente principal de las celdillas, vasos, fibras y demás elementos orgánicos del tejido leñoso, entrando también en su composición la materia incrustante llamada *lignina*, hallándose ocupados estos órganos, cuando la madera es verde ó tierna, por agua y multitud de principios minerales y orgánicos que varían según la especie, contándose entre ellos resinas, gomas, azúcares, alcaloides, taninos, aceites, grasas, materias colorantes y extractivas, sales diversas, etc. La composición elemental de la madera varía bastante: sin embargo, puede considerarse que, como término medio de 100 partes, 51 son de carbono, 42 de oxígeno, 6 de hidrógeno y 1 de nitrógeno.

Los líquidos que contienen los árboles durante su vegetación, se evaporan cuando ésta cesa por cualquier causa ó cuando son cortados; en este caso la evaporación es muy rápida y va decreciendo hasta permanecer estacionaria, notándose entonces aumentos ó disminuciones de humedad debidos sólo á las condiciones del lugar en que se hallen, lo que prueba que entran en la composición de la madera substancias higrométricas y principios líquidos diversos que ocasionan un desequilibrio cuando cambian las condiciones atmosféricas, las cuales obran principalmente en el exterior de la madera, siendo difícil que lleguen á su núcleo interior ó parte central que tarda muchísimo en llegar á una desecación completa. En la madera queda siempre cierta parte de *agua higrométrica* agena á las influencias atmosféricas. La que se evapora por la acción de los agentes físicos, se titula *agua libre* y se puede decir que depende de la porosidad de la madera. Las proporciones de ambas son variables en extremo, demostrando la experiencia que los árboles contienen una cantidad máxima cuando circula la savia, siendo mayor en invierno que en verano, encontrándose siempre mayor cantidad en las ramillas que en las ramas y en éstas que en el tronco, y llegándose á determinar que las coníferas contienen del 45 al 60 por 100 de su peso, las especies arbóreas de hoja plana y madera blanda del 40 al 45, y las de madera dura del 30 al 40 por 100. La corteza impide en gran manera la desecación, resultando de alguna experiencia que árboles cortados y descortezados habían perdido en cierto tiempo un 39 por 100, mientras que otros cortados en la misma época, pero conservando la corteza, habían perdido en el mismo tiempo é idénticas condiciones sólo 0'98 por 100 ú sea menos del 1. Las leñas tardan en secarse completamente de dos á tres años, los tablones de pino unos tres años, los de roble de un decímetro de grueso cuatro años; las piezas de roble de cuarenta centímetros de escuadria tardan en secarse unos diez años, empleando mayor tiempo cuanto más grande es la sec-

ción, habiéndose encontrado piezas que á los veinte años no tenían seco el corazón.

La *celulosa*, que, como se ha dicho, forma el componente principal del tejido de los vegetales, cuando es pura, es una substancia blanca, transparente, inodora é insípida, más densa que el agua; en el tronco y raíces es más compacta que en el resto del árbol. Esta materia es insoluble en el agua y en la mayor parte de los reactivos; combinándola con el ácido nítrico produce el algodón pólvora ó piroxilina, que, disuelta á su vez en cien partes de éter y ocho de alcohol, produce el colodion tan empleado en la fotografía y en otras operaciones. El exceso de celulosa sobre la materia incrustante de la madera produce la destrucción de ésta á causa del desarrollo de gérmenes microscópicos de infusorios que se alimentan de ella cuando se halla unida á materias azoadas, siendo esta la causa de la predisposición mayor que tienen á descomponerse las maderas blandas comparadas con las duras, como también en una misma madera la albura comparada con el duramen y los árboles jóvenes respecto de los que han alcanzado su total desarrollo.

La materia incrustante ó *lignina*, que con la celulosa forma parte del tejido leñoso, es una substancia cuya composición varía según las especies, mereciendo con arreglo á diferentes estados de ella los nombres de *lignosa*, *lignona*, *lignina* y *lignirosa*, según el químico Payen, siendo todas insolubles en el agua. La *lignina* abunda más en el duramen que en la albura, en las maderas duras que en las blandas, contribuyendo á la conservación de ellas cuanto mayor es su cantidad.

En la formación de la madera entra también la *albúmina* que se encuentra en los zumos de las plantas, en las semillas de los cereales y en las de las oleaginosas. Esta substancia se disuelve en el agua y puede decirse el agente que principalmente contribuye á la destrucción de las maderas propagando la putrefacción y proporcionando alimento á los gusanos é insectos que la atacan.

Las maderas pueden conservarse muchos siglos sin alterarse, como se observa en las que forman las armaduras de antiguos edificios cuyas cubiertas no han dado paso hasta ellas al agua, pudiendo decirse que el aire atmosférico no obra sobre la madera á no ser que le auxilie el calor, descomponiéndose rápidamente cuando se halla sometida á sucesivas influencias de sequía y humedad. Cuando se halla constantemente sumergida tiene gran duración.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MADERAS. El color, la elasticidad, la flexibilidad, la contracción y dilatación, la densidad, la duración y la putrefacción son las principales propiedades físicas que deben tenerse en cuenta en la madera.

El *color* de la madera de los árboles que se desarrollan en la espesura y en terrenos húmedos, es más obscuro que el de los que han crecido aislados y en tierras secas. Cuando á la lignina acompañan materias colorantes, cambia la albura de color al convertirse en duramen. La madera del tronco es más obscura que la de las raíces. Los árboles que se crían á la orilla de una corriente, conservan en su madera el color blanco á causa de no verificarse en ellos la transformación de la albura en madera perfecta. El color de las maderas puede servir para conocer su especie y procedencia en muchos casos. Los tipos más notables de color son los siguientes: Árboles de *madera blanca:* el carpe, tilo, sauce, chopo y pino carrasco. *Blanca rojiza:* el aliso, manzano, pinabete, enebro y pino negro. *Amarillenta:* el fresno, cornejo y castaño. *Azulada:* el alerce, haya, arce campestre y el serval de cazadores. *Verdosa:* el acebo. *Amarilla:* el bonetero, saúco, agracejo y acacia. *Roja-amarillenta:* el cerezo, peral, roble y mostellar. *Parad-*

rojiza: el olmo, tejo, nogal y ciruelo. *Rojiza:* los pinos albar, rodeno, piñonero y salgareño.

La *elasticidad* consiste en la propiedad de volver á la forma primitiva cuando ya no obre sobre ésta la fuerza modificadora. La madera más pesada suele ser la más elástica; y entre sus especies, la del tejo es la madera que posee más elasticidad, siguiéndole sucesivamente el carpe, arce y roble cuando son jóvenes, siendo sólo algo elásticos cuando son viejos el olmo, pinabete, los pinos, alerce, abeto, fresno y temblón.

Por *flexibilidad* se entiende la facultad de poderlas encorvar sin que se rompan ni pierdan la cohesión, pudiéndola adquirir las maderas mediante la acción simultánea del calor y de la humedad. La madera verde, joven y tierna es en general más flexible que la seca, vieja y dura. Como escala de flexibilidad puede servir la siguiente: Madera muy flexible: el almez. Flexibles: la sófora, álamo blanco y alerce. Bastante flexibles: el fresno, nogal y arce. Poco flexibles: el tilo, chopo, temblón, olmo, acacia de flor, roble y abedul.

La *dilatación* y *contracción* de las maderas no es igual en todas las direcciones de la misma, habiéndose observado que en el sentido longitudinal es poco perceptible, notándose algo en el de los radios, y siendo la mayor la de la circunferencia ó perímetro de una sección transversal, por cuya causa se producen grietas en el exterior de la madera cuando ésta se seca bruscamente. Cuando los elementos de la madera, como son las celdillas, fibras, vasos, etc., se secan, disminuye aquélla de volumen, contrayéndose, por lo tanto, toda la pieza; pero si á ésta se le restituye la humedad que antes ha perdido, vuelve á recobrar sus dimensiones. La madera se hiende y se desprenden capas de su superficie cuando ésta se contrae en virtud de un desecamiento rápido; la madera vieja y densa sufre menos contracción que la joven y floja por tener sus tejidos más compactos; si las fibras están desigualmente dispuestas y no tienen todas la misma compacidad, disminuyen también desigualmente de volumen los tejidos, secándose más pronto las partes donde éstos son menos densos, alabeándose entonces la madera; más ese defecto puede evitarse poniéndola á secar al abrigo de la luz, del calor y de las corrientes de aire. En las maderas porosas se observan cambios rápidos de volumen cuando sufren influencias consecutivas de humedad y sequía por su facilidad en absorber y evaporar el agua: las coníferas son poco higrométricas y no cambian de volumen con tanta facilidad por los principios resinosos de que están impregnadas. Las maderas labradas después de bien secas se preservan de estas influencias higrométricas pintándolas al óleo ó barnizándolas, con cuyo medio se tapan los poros exteriores y se evita la penetración de la humedad que es la que las deforma. Puede darse como escala de contracción la que sigue: Maderas que sufren gran contracción disminuyendo su volumen de 7 á 8 por 100: nogal y cornejo. Maderas que sufren una contracción de 6 á 7 por 100: carpe, castaño, haya, cerezo y tilo. Maderas que se contraen de 5 á 6 por 100: aliso, abedul, avellano, moral y manzano. Maderas que se contraen de 3 á 5 por 100: arce, pino laricio, pino silvestre, álamo, tejo, olmo, castaño de Indias, fresno, temblón, acacia y roble de fruto sentado. Maderas que se contraen de 2 á 3 por 100: abeto, alerce, tuya y roble de fruto pedunculado. Maderas que se contraen á lo más un 2 por 100: pino Lord y enebro de Virginia.

La *densidad* ó el *peso específico* de un cuerpo tienen la misma significación según la Física; en Mecánica se considera el peso específico como el *peso de la unidad de volumen*, y la *densidad* como *la masa de la unidad de volumen.* Se emplea generalmente el *peso específico* que es la comparación entre el peso de un cuerpo y el de un volumen igual de agua destilada á la temperatura de cuatro

grados centígrados sobre cero. La densidad de la madera no es la misma en el centro de una sección de un árbol que en el resto de ella, ni entre la del tronco y la de las ramas ó de las raíces. Entre dos árboles de igual especie, también es diferente si no se han desarrollado en idénticas condiciones; y se comprende, por lo tanto, que no es posible obtener la densidad absoluta de la madera. Sin embargo, dependiendo de ella su mayor dureza, su potencia calorífica y hasta su resistencia, es preciso obtener su valor que es relativo, según el empleo que quiera dársele, pues para ciertas obras convendrán maderas pesadas y para otras ligeras. La madera de los árboles viejos contiene más materia incrustante que la de los jóvenes, siendo, por lo tanto, más densa; y una misma especie de árboles tienen su madera más densa cuanto más caliente es la zona en que se han criado, y cuando se han desarrollado expuestos al Oeste ó al Sur la tienen también más densa que los que lo han sido al Norte y Este. En los árboles frondosos la madera de la parte baja del tronco es más densa que la de la parte superior cuando se han criado aislados; en los de la especie de las coníferas, en iguales circunstancias, la madera en la parte superior es más densa que en la inferior del tronco, y más densa que la de éste, la de las ramas, observándose todavía mayor densidad en la de las raíces de algunas especies, como los pinos y alerces, por la gran cantidad de resina que contienen.

Aunque la humedad aumenta el peso de la madera cuando se transporta ésta por los ríos, formando almadias, pierde parte de él á causa de las substancias que el agua disuelve durante el tiempo que permanece sumergida.

Para hallar el peso específico de la madera se emplea la balanza hidrostática, pudiendo emplear dos diferentes procedimientos y operando generalmente con pequeños trozos cúbicos de la especie cuya densidad se busca.

1.^er^ *procedimiento.* Después de pesada se suspende la madera del platillo de la balanza hidrostática sumergiéndola en agua, y observando el peso cuando ya aquélla ha penetrado todos sus poros, que es cuando el peso no sufre variación; entonces se saca del agua, se enjuga superficialmente y se pesa de nuevo en el aire. Si se designa por P el peso de la madera seca, p' el de la madera impregnada de agua y a el señalado por la balanza hidrostática, $p'-a$ será el peso del agua desalojada por la madera impregnada, y por lo tanto representará el peso de un volumen de agua igual al volumen aparente de la madera, resultando como peso específico ó densidad relativa si ésta la designamos por $d=\frac{P}{p'-a}$. Esta manera de proceder no es exacta porque el agua que llena los poros de la madera distiende los tejidos aumentado el volumen aparente.

2.º *procedimiento.* Sea también P el peso de la madera seca y llámase p al aumento de peso que ésta tenga después de cubrirla con una ligera capa de cera, para que el agua no penetre en sus poros. Colocándola entonces como en el anterior procedimiento en la balanza hidrostática que dará un peso P' que representa el P de la madera y el p de la cera, menos el de un volumen igual al del cuerpo y el de un volumen de agua igual á la cera; el primer volumen es igual al peso de la madera dividido por la densidad que se busca ó sea $\frac{p}{x}$; el volumen de la cera es también igual á su peso dividido por su densidad $\frac{p}{d}$; y representan al mismo tiempo ambos volúmenes los pesos del agua desalojada; porque siendo 1 la densidad del agua, para pasar del volumen al peso debe multiplicarse por la densidad, resultando

$$P'=P+p-\frac{P}{x}-\frac{p}{d}$$

y despejando la incógnita

$$x = \frac{P}{P - P' + p\left(1 - \frac{1}{d}\right)}$$

en la que en vez de las letras se ponen los valores respectivos de las pesadas hechas y el correspondiente á d, resultando el valor de x, que es la densidad de la madera obtenida más exactamente que por el primer procedimiento.

La duración de la madera depende de la especie del árbol, del lugar y condiciones de su desarrollo, de su edad y época en que se verificó su corta, del empleo que se haya dado á la madera y de las condiciones de conservación en que se halle después. La madera densa, cortada en sazón, bien desecada y colocada en sitio seco á cubierto de la humedad, tiene gran duración, corriendo sólo el peligro de ser atacada por los insectos que demuestran predilección por las maderas jóvenes y las alburentas, de cuyo peligro están bastante exentas las del carpe, aliso, abedul, coníferas jóvenes y la albura del roble; más exentas todavía las del haya, arce y plátano, y casi completamente el duramen del roble, coníferas viejas, chopo y olmo. Las maderas compactas duran más que las flojas, y las de terrenos secos más que las criadas en otros húmedos; los pinos de los que se ha extraído la resina duran menos que los que la conservan. Las maderas de mayor duración son la teca, el guayaco y otras cuyos tejidos se hallan impregnados de materias antisépticas; siguen en escala descendente las de canales obstruídos, como el alerce, luego las que contienen tanino, como el roble, castaño y aliso; y por fin las que sin ningún líquido preservante tienen abiertos los canales.

La *putrefacción* es una propiedad física que se halla en razón completamente inversa con la anterior y son también muchos los motivos que la ocasionan, pero los agentes ordinarios que determinan la descomposición de la madera son principalmente una temperatura entre 7° y 40°, la acción del oxígeno del aire y la humedad, llegándose á los efectos máximos cuando se reunen las tres causas, por lo que es preciso evitar su acción combinada sobre las maderas, conservando éstas bien secas y cubriéndolas con resinas, pinturas ú otras materias grasientas. La mayoría de las maderas constantemente sumergidas en el agua se conservan bien; el sauce y tilo sólo pierden la cohesión; resisten largo tiempo el pino, alerce y haya, conservándose indefinidamente el roble y aliso que son indestructibles en el agua. Contribuye á la destrucción de las maderas la fermentación pútrida debida á la presencia de infusorios microscópicos desarrollados á expensas de la albúmina y otros principios nitrogenados, y esos infusorios crean otros principios que son causa de la fermentación por medio de transformaciones.

Reproducción de los Árboles. Los árboles pueden provenir de producción espontánea, como sucede en los bosque vírgenes, ó bien de plantaciones ejecutadas por el hombre. Los árboles se reproducen y multiplican de tres maneras principales: por siembra, por plantones ó estacas y por renuevos ó retoños. La siembra se ejecuta enterrando las semillas á profundidades convenientes, según la especie, ya en el sitio donde deben desarrollarse los árboles ya en viveros de los que se trasplantan después á su definitivo destino. Este sistema de reproducción es el más general y el más seguro para obtener toda especie de árboles. Pueden ser reproducidas por medio de estacas ó plantones aquellas especies cuyas ramas, separadas del tronco y plantadas en tierra en estación conveniente, tienen la propiedad de arraigarse dando un árbol de la misma especie que aquel de que proceden, no siendo general esta propiedad. Se verifica la

reproducción por renuevos ó retoños cuando después de apeado un árbol se deja en tierra la base del tronco con la masa de las raíces, brotando en la estación propicia multitud de retoños entre la albura y la corteza de aquél, de los que se conservan los más robustos, podando los demás; dichos retoños producen árboles de la misma especie y condiciones que aquel de que provienen. La calidad de las maderas que se obtienen por medio de los expresados tres sistemas de reproducción es la misma, pero según algunas experiencias no sucede igual con la cantidad, habiéndose notado que el primero da mayores escuadrías que el tercero, produciendo el doble á los ochenta años de edad de los respectivos árboles.

Cada especie de árboles se desarrolla mejor en el terreno que reune las condiciones necesarias, pero la generalidad necesita tierra fértil, profunda, ligera y un poco húmeda, necesitando menos profundidad las que tienen someras las raíces. En los terrenos secos absorben las raíces poca savia, pero ésta es rica en principios nutritivos y produce capas anuales delgadas, compactas y de mucha fibra; en los pantanosos ó muy húmedos la madera resulta ligera y esponjosa á causa de la pobreza de la savia. Estos terrenos sólo son buenos para los álamos, alisos y sauces; otras especies necesitan frescura ó solamente alguna humedad. El olmo, el roble y el castaño piden terrenos secos de buena calidad, que sólo retengan de las lluvias la cantidad necesaria de agua, sucediendo lo mismo á las especies resiníferas que no pueden prosperar en suelos pantanosos, conviniéndoles los arenosos, especialmente al pino marítimo. Los terrenos pedregosos y pobres producen árboles de poca altura, cuyo desarrollo es lento y trabajoso, resultando la madera tosca y nudosa, difícil de labrar y poco aprovechable.

Las especies necesitan cada una diferente cantidad de calor, por cuyo motivo adquieren el máximo desarrollo, bondad y belleza en la latitud que les es propia; los cambios rápidos de temperatura son muy perjudiciales al arbolado que se resiente extremadamente con las heladas tardías de primavera y las prematuras de otoño. La altitud también influye en el crecimiento de los árboles que disminuyen á medida que se hallen más elevados sobre el nivel del mar, llegando á reducirse á sencillos arbustos. Bajo la acción de la luz se descompone el ácido carbónico de la atmósfera que se fija en las hojas de los árboles, desprendiéndose el oxígeno, y produciéndose de este modo lo que se puede llamar su respiración. Hay especies que necesitan mucha luz, otras poca, algunas la requieren en su primera edad, mientras que otras se desarrollan mejor en la sombra. Las brisas y los vientos moderados renuevan el aire en el ramaje y en los bosques, favoreciendo la vegetación, pero los huracanes sacuden violentamente los árboles, les arrancan las ramas y hasta los descuajan, produciendo vicios y defectos en las maderas. Los árboles expuestos al Este y al Sur tienen por lo general la madera dura y compacta, pero resultan muy ramificados y tortuosos, produciendo pocas piezas buenas para carpintería. Los expuestos al Norte tienen la madera menos dura, creciendo más rectos y más esbeltos. Los árboles expuestos al Oeste son muy combatidos por los vientos, que los vician y tuercen, resultando las maderas repelosas y difíciles de aprovechar. En las costas marítimas que tienen esta orientación, los árboles padecen, las copas tienen la forma de un plano inclinado á causa de los vientos que impiden y retrasan el desarrollo de las primeras ramas con que chocan, las cuales sirven de abrigo ó resguardo á las demás; y lo mismo sucede con cualquier grupo de árboles igualmente orientados, que presentan sus cimas inclinadas; mientras los de la parte del Este se hallan bien conservados y perfectamente desarrollados. Habiendo

sido defendidos de la influencia nociva de los vientos del Oeste por los demás, éstos dan á conocer cuanto han sufrido con aquella.

Los árboles necesitan para desarrollarse extraer de la tierra los elementos necesarios para su nutrición, lo que efectúan por medio de las raíces que se presentan como un conjunto sin armonía á partir del tronco, desde el cual se introducen en la tierra como huyendo de la luz, hallándose compuestas de tres partes que son el cuerpo ó prolongación subterránea del tronco, las raíces ó cabellera y las esponjillas que parten de éstas y son las que verifican la absorción de los principios nutritivos. Unas veces estas raíces marchan perpendicularmente introduciéndose en sentido vertical en la tierra, y otras se extienden más ó menos horizontalmente, distinguiéndose también en esto unas de otras especies. Existen grandes relaciones entre las raíces y las ramas de un árbol; si se le arranca algún grupo importante de las últimas, desmejoran y hasta perecen las raíces correspondientes, y al contrario los desperfectos causados en éstas producen en la copa la pérdida de las ramas más directamente ligadas con aquellas.

La forma y el crecimiento difieren según las especies y también según la situación de cada árbol; unas especies se desarrollan en altura produciendo pocas ramas laterales; otras, sobre un robusto tronco, presentan una frondosa copa con gran parte del ramaje en sentido horizontal. La variedad de la forma de las copas de los árboles es grande aunque semejante en cada especie. En los primeros años es mayor el crecimiento de las ramas hasta cierta edad del árbol, en la que se desarrolla más el tronco, que aumenta sucesivamente para llegar á un límite en la plenitud de su vida, que es cuando su madera es más perfecta, y por lo tanto conviene cortarlo, pues la madera principia entonces á desmerecer, siendo cada vez más pobre la savia que el árbol absorbe, como lo dan á conocer las ramas que principian á secarse por la parte superior.

Los árboles que presentan una corteza sana, sin defectos, y cuya albura tiene poco espesor, producen madera de buena cualidad. En los bosques dan mejor madera los árboles situados en sus linderos que los del centro, no siendo tampoco tan buena la de éstos como la de los que crecen en alguno de sus claros, pudiéndose atribuir estas diferencias á la circulación del aire que beneficia los más favorecidos, los que sobrepujan á sus compañeros en altura, grueso, sanidad y perfección de la madera.

En general, la carpintería busca y prefiere las maderas bien rectas y de grandes dimensiones, que sólo pueden ser producidas por los troncos bien derechos que tengan la menor cantidad posible de nudos, lo que se logra por medio de la poda ejecutada con inteligencia durante la vida del árbol, cuya operación consiste en suprimirle, en estación propicia cada año, las ramas que perjudiquen su desarrollo, y haciéndola cuando no están en savia, á fin de que se les cicatricen más rápidamente y mejor las heridas ocasionadas por la operación. Debe evitarse al ejecutar la poda el desgaje de las ramas, pues producen goteras y derrames en el interior del tronco, que estropean la madera y son causa de enfermedades que las inutilizan; ni tampoco deben podarse ramas ó ramillas muy gruesas, siendo probado que cuando se cortan de más de dos centímetros y medio de diámetro, dan lugar á manchas, grietas y goteras que también hacen desmerecer la madera y originan defectos y enfermedades. Los golpes dados con el hacha de mano son perjudiciales y debe hacerse la poda con podadera, serrucho ó sierra, dando antes un pequeño corte en la parte opuesta de la rama para que no haya desgaje ni se produzca astilla en el tronco, curando después la herida con mastic á propósito después de regularizarla. La poda debe hacerse lo más cerca posible

del tronco siendo muy perjudicial la rutinaria práctica de algunos arboricultores que dejan en el tronco veinte ó más centímetros de la rama ó ramilla que han podado, causando todavía mayores daños la operación llamada esquilme ó desquilme, cuyo principal objeto es obtener leña sin atender á los resultados nocivos á la vida de los árboles, que no es posible den á su tiempo maderas propias para construcción, sucediendo lo propio con los que se descabezan ó desmochan.

Para construcción de los buques se necesitan gruesas piezas curvas de madera, difíciles de obtener, por lo que su valor es triple del de la recta cuando se presentan troncos con la curvatura conveniente, la cual se logra guiando el árbol desde su juventud, aprovechando para ello alguna circunstancia especial, como, por ejemplo, que el tronco presente alguna bifurcación de la que se corta la rama más derecha y vertical, podando á la que se conservan las ramillas superiores para que la savia acuda á las inferiores y á esta parte, contribuyendo con su peso á que la rama tome mayor inclinación y curvatura. Los constructores de muebles y otros objetos necesitan también maderas especiales pero no de la importancia, en cantidad y volumen, que exije la construcción naval, la cual en vista del agotamiento de los bosques llegó á obtener en algunas naciones de Europa el derecho de escoger, como se ha dicho en primer lugar, y hasta de explotarlos exclusivamente para sus construcciones.

CAPITULO II

ENFERMEDADES Y DEFECTOS DE LAS MADERAS

La organización de los árboles es muy compleja y las causas de su destrucción en gran número, hallándose sujetos á enfermedades que pueden ser naturales ó accidentales producidas por los agentes atmosféricos, por las condiciones del suelo y del clima en que viven, por causas físicas ó mecánicas y hasta por el hombre y los animales. Muchas de estas enfermedades se desarrollan interiormente sin darse á conocer al exterior hasta que han destruído los tejidos, inutilizando la madera para la construcción. La madera ó tejido leñoso de los árboles se distingue de la composición de la mayor parte de los demás vegetales en que éstos perecen por desorganización inmediata, mientras que aquélla se conserva indefinidamente después de separada de sus raíces y del resto del árbol á que perteneció siempre que éste se haya desarrollado sano, se haya hecho la corta en sazón y se conserve ó guarde después en buenas condiciones. Cuando por caducidad ó á causa de una enfermedad perece un árbol, pierde su madera todas las cualidades indispensables para ser empleada en carpintería y hasta para la combustión; desaparecen la flexibilidad, la fuerza y la facultad de conservarse; se seca, se vuelve quebradiza y blanda, se hace trozos y se convierte en polvo, se pudre rápidamente y es atacada por los insectos y gusanos; si se quema casi no da llama ni produce calor.

Las enfermedades accidentales de los árboles, como son las heridas ó llagas, las mutilaciones y las fracturas, pueden ser producidas por los dientes de los animales que destruyen la corteza, el líber y hasta la albura y el durámen cuando los árboles son jóvenes; por golpes dados con instrumentos cortantes ó contundentes; por efecto de vientos impetuosos y por el rayo.

Las principales enfermedades producidas por estos accidentes y las procedentes de las condiciones de vegetación de los agentes

atmosféricos y de los metéoros, son las siguientes: *úlceras*, *caries*, *lagrimales*, *chancros*; *goteras*, *grisetas*; *grietas*, *fendas*; *madera pasmada*, *atronadura*; *acebolladura*, *colaña ó cebolla*; *fibras torcidas ó reviradas*; *pata de gallina ó pudrición sencilla*; *pudrición roja ó tabaco*; *desprendimiento de la corteza ó esfoliación*; *verrugas*, *tumores*, *excrescencias*, *abscesos y depósitos*; *plétora vegetal*; *brotes quemados*, *heladura*; *defoliación*; *filomanía ó fullomanía*; *quemadura*; *tizón*; *blanco*; *ictericia*; *caducidad*, *decreptitud ó madera borne*.

Las *úlceras* provienen de heridas que no se han cicatrizado y por las que penetra la humedad y el agua de lluvia que descomponen los tejidos á medida que avanzan en el interior del árbol.

La *caries* es una consecuencia de la úlcera cuando á ésta acude la savia, que se descompone y transforma en un líquido pardo y acre, el cual impide la cicatrización y la formación de la corteza, dando lugar á un agujero siempre abierto que constituye esta enfermedad, que es local, y sólo ocasiona la pérdida de la parte de madera en que se halla.

El *lagrimal* también proviene de una úlcera cuando ésta se ha formado por desgaje en la axila de una rama, localizándose la enfermedad, sin pasar al tronco, permaneciendo en el muñón que queda al desprenderse la rama en forma de una materia blanca ó amarillenta, deleznable, inodora y blanda, que anualmente va cubriéndose con madera sana, sufriendo por lo tanto poca pérdida la madera del árbol por esta causa.

Los *chancros* provienen de la raíz, de la que sube con demasiada fuerza la savia hacia una parte determinada del árbol, en la que dificultándose su circulación se acidula y transforma en un líquido acre fermentable y rojizo que rezuma por la corteza, en la que aparecen primero unas manchas rosadas ó blancas hasta que se resquebraja, dando paso á la savia descompuesta: también es local esta enfermedad y sólo produce la pérdida de la madera atacada.

Las *goteras*, *griseta negra*, *griseta roja* y *griseta blanca ó viva* son producidas por el agua, que encontrando alguna abertura causada por el desgarre de una rama, penetra en el interior, descompone el tejido leñoso y vuelve á salir al exterior arrastrando la savia de la que priva á las fibras superiores. Cuando la descomposición produce una substancia negra llamada *humus*, que aparece en la superficie, la enfermedad es la *griseta* negra, la menos dañina, pues no afecta al resto de la madera. Se convierte en *griseta roja* cuando la mancha toma este color por penetrar el mal en el interior, á donde llega con dificultad el aire y transforma incompletamente la madera en humus. Si la mancha toma un color muy claro resulta la *griseta blanca ó viva* que es la más perjudicial por desarrollarse rápidamente, transmitiéndose á toda la madera hasta después de cortada cuando se observan en ella mezclados puntos negros y blancos. Tanto la griseta blanca como la roja producen manchas rojas y pardas, que irradian de ellas, á las que se conoce por el nombre de *llamas de griseta*, apareciendo bajo la corteza vetas rosadas grises ó parduscas; el líquido casi negro que se abre paso al través de la corteza da también á conocer esta enfermedad. Es mayor el grado de descomposición de la madera cuando el color de la mancha es amarillo anaranjado, que es cuando la enfermedad ha penetrado hasta el corazón del árbol, en cuyo caso la madera despide un olor nauseabundo muy significativo, resultando inutilizada por completo.

Las *grietas ó fendas* se manifiestan en la corteza al través ó en sentido de sus fibras á consecuencia de un sol ardoroso, bochorno ó fuertes calores que sobrevienen después de heladas ó fríos intensos. La corteza se agrieta y abre poniendo al descubierto el

liber, que se seca así como la albura inmediata, pudiendo adquirir la madera enfermedades perjudiciales si el árbol es viejo; cuando éste es jóven y el mal no muy profundo puede aprovecharse la madera cortando el árbol por éstas grietas transversalmente á su eje.

La *madera pasmada* ó *atronadura*, son grietas en sentido longitudinal según los radios medulares, que penetran desde la corteza en dirección al corazón, producidas por helarse el agua que forma parte de la savia, cuyo aumento de volumen combinado con la disminución del de la corteza y demás superficie exterior del árbol producen la rotura que se verifica con gran ruído. Después del deshielo no se cierran por completo éstas grietas y dan paso á la humedad y agentes atmosféricos que atacan la madera. Cuando el mal no es considerable puede aprovecharse ésta cortando tablones ó tablas en el sentido de éstas grietas.

La *acebolladura*, *colaña ó cebolla* también se atribuye á los fríos de un invierno áspero que desorganiza alguna de las hojas del liber impidiéndole se convierta en albura dejando un hueco entre ésta capa y las que se forman en años sucesivos. Frecuentemente sólo ataca éste mal la parte del tronco más expuesta á la helada ó vientos fríos, pero si adolece de él todo el tronco se encuentra éste formado por dos cilindros concéntricos separados por un espacio que á veces tiene más de dos centímetros de anchura; en este caso es poco aprovechable la madera y debe desecharse por completo para las construcciones.

Las *fibras torcidas ó reviradas* no son una enfermedad, pero disminuye en gran modo la resistencia de la madera que no se puede aprovechar en piezas rectas como viguería y otras. Consiste este defecto en tener todas las fibras del árbol la forma de hélice ocasionada, al parecer, por la fuerza del viento, que obra sobre la cabeza del árbol cuando éste es jóven y tiene la copa desigual ofreciéndole mayor resistencia en un lado que en otro. Al hacerse la escuadria en un árbol de fibras torcidas se cortan todas éstas y por lo tanto no tiene resistencia la madera resultante.

La *pala de gallina ó pudrición* consiste en grietas, que desde el centro del tronco se dirigen á la superficie teniendo sus paredes cubiertas por un moho de mal olor, conociéndose esta enfermedad por las manchas de la corteza que se cubre de hongos y líquenes, por excrecencias y grietas que aparecen en la misma ó por goteras ó lagrimales, que dan paso á la humedad. Se produce esta enfermedad en los árboles viejos y en los que se desarrollan en malas condiciones, principiando por la parte baja del tronco desde donde va subiendo sucesivamente padeciendo también las ramas. Si el mal está muy desarrollado no se puede aprovechar la madera que conserva la enfermedad y se propaga después de cortado el árbol presentándose el tejido blando negruzco y con mal olor.

La *pudrición roja* y el *tabaco* son enfermedades del mismo género que la anterior y puede combinarse con ellas, produciéndose también por decreptitud del árbol y descomposición de su savia, principiando asimismo en la parte baja del tronco en la que nacen multitud de ramillas, dándose á conocer con unas aberturas que arrojan un polvo color rojo canela y dan á la enfermedad el nombre de *pudrición roja*; si dicho polvo toma un color más obscuro la enfermedad se denomina *tabaco* y es más grave, pues la descomposición ha alcanzado entonces mayor grado.

En la *esfoliación ó desprendimiento de la corteza*, ésta va cayendo por hojas ó placas resultando una alteración en el liber y en la albura que produce la madera, cuya capa toma distinto color de las demás conservándolo hasta cuando se convierte en duramen. Esta enfermedad dejando el liber al descu-

bierto deseca las capas inmediatas de albura y si es intensa destruye el árbol por completo.

Las *verrugas*, *tumores*, *excrecencias*, *abcesos y depósitos* proceden de vicios locales que han deteriorado y ocasionado la afluencia de la savia en un punto determinado, dando lugar á la acumulación de substancia vegetal que forma una excrecencia la cual toma uno de los citados nombres. Originan esta enfermedad las heridas, las picaduras de los insectos, las plantas parásitas y otras. Algunas de estas verrugas se abren y dan paso al agua produciendo entonces las goteras que tanto perjuicio causan al árbol, pero si se conservan cerradas y de forma semiesférica causan poco daño y hasta son reputadas como signo de salud; en lo general influyen en la calidad de la madera cuando están situadas á lo largo del tronco y tienen forma irregular, pues acusan falta de homogeneidad en el tejido leñoso adyacente á ellas que generalmente se halla alterado.

La *plétora vegetal* es una consecuencia de la abundancia excesiva de savia en una parte mayor ó menor del tronco que por tal causa se deforma resultando la madera muy desigual y heterogénea no pudiendo aprovecharse en obras de carpintería que exijan regulares dimensiones y buena calidad de madera, debiendo emplearse sólo en trabajos muy ordinarios ó como leña.

La *heladura* y los *brotes quemados* son el resultado de las heladas que matan el árbol si es muy jóven ó los brotes tiernos de los más fuertes cuando aquéllas sobrevienen hallándose el árbol en savia ó después de fuertes lluvias. Unas especies están más expuestas que otras á tal contingencia especialmente si se planta en clima más áspero que el que les es habitual.

La *defoliación* ó caída prematura de las hojas puede ser ocasionada por calores excesivos ó resultado de heladas tardías, pero es más fácil que consista en una enfermedad del liber del mismo año que produce defectuosa la capa correspondiente de tejido leñoso.

La *filomanía* ó *fullomanía* consiste en la producción excesiva de hojas á causa de la circulación anormal de las substancias nutritivas que revelan algún desorden en la marcha de la vegetación del árbol, la albura resulta de mala calidad y por lo tanto el tejido leñoso correspondiente es defectuoso.

El *granizo* se manifiesta en las hojas, que se arrugan, pliegan y cambian de color antes de tiempo; en alguna especie, como por ejemplo el albérchigo, se forman en las hojas una especie de verrugas. Esta enfermedad sólo ataca una parte del follaje y no tiene importancia ni influye en la calidad de la madera.

La *quemadura* de las hojas, yemas y ramas tiernas es una enfermedad que ataca en partículas á los árboles criados en espalera, pero adolecen de ella también las especies forestales; resulta de alternativas bruscas de hielo y deshielo producido por el sol y también de la acción de vientos muy fríos. Las partes atacadas toman un color negro.

El *tizón* se da á conocer por un polvo rojo que se observa en las hojas y en el tronco, el cual es producido por un hongo del género Uredo. También parece ser otro parásito del mismo género el que produce el *blanco* que del mismo modo se ve á veces bajo la forma de un polvillo blanco filamentoso.

La *ictericia* ó amarillez se manifiesta en las hojas que se tiñen de repente de este color sin ser el tiempo de su caída, y también en la madera de algunos árboles caducos en la que aparecen de un color amarillento las capas que rodean el centro despidiendo un olor acre. No son aceptables los troncos en que aparece esta enfermedad.

Los *musgos* y *los liquenes* son vegetales parásitos que causan grandes perjuicios en el arbolado, á cuyos troncos se adhieren; desarrollándose en tal cantidad que á veces lle

gan á cubrirlos por completo, sosteniendo una humedad constante que cierra los poros de la corteza privando á ésta de la acción de la luz y del aire, de cuya manera impiden el libre desarrollo de los árboles y la perfecta formación de su tejido leñoso. Estos parásitos viven á expensas de la atmósfera y no son temibles en pequeño número; entre los más perjudiciales se encuentran el oidium, tizón, muérdago, cuscuta, hierba tora, etc.

Los *hongos* y *agáricos* son otros vegetales parásitos que se establecen en la base del tronco de los árboles viejos, donde desarrollan sus raíces á expensas de los jugos nutritivos del árbol apresurando su muerte, indicando su presencia un principio de descomposición de la madera y exceso de humedad.

El *enmohecimiento* es producido por vegetaciones criptógamas, y también es síntoma de vejez en el árbol y de alteración de la madera; denota un principio de pudrición de la masa de las raíces cerca de la base del tronco.

Las *agallas* son protuberancias formadas por insectos que anidan en ellas y depositan sus larvas. Pocas veces se encuentra en el tronco, prefiriendo las hojas y las ramillas; cuando se multiplican impiden el desarrollo de la parte que se han establecido. En la especie de los robles abundan las agallas, que llegan á alcanzar el tamaño de una avellana, encontrándose en ella los insectos que las han formado.

Las orugas suelen atacar en gran número el follaje de los árboles, dejando las hojas reducidas á los nervios durante gran parte del verano, de cuya manera privan al árbol de un órgano tan necesario para su vegetación, ya que por las hojas se puede decir que respira. El perjuicio que reciben los árboles es muy grande pudiendo causar su muerte si se repite durante algunos años, siendo preciso practicar la *descocadura* para salvarlos.

Muchas enfermedades de los árboles son producidas por los depósitos de huevos que hacen algunos insectos alados donde anidan y crían sus larvas, notándose que según la especie del árbol son de un género diferente aquellos. Las especies más gruesas se alojan en las raíces y en la base del tronco, haciendo agujeros cuyo diámetro aumenta á medida que crece el insecto que los ejecuta, llegando á destruir el árbol por robusto que sea cuando es grande su número. Otras especies se alojan en la corteza y abren agujeros que llegan al corazón pudiendo también causar la muerte de la planta. En algunos países han llegado los insectos, á pesar de su pequeñez, á destruir los bosques por completo, habiéndose notado que estos séres destructores emigran en enjambres inmensos, arrasando el arbolado por doquier pasan, obligando á los pueblos y á los gobiernos á tomar enérgicas medidas para conseguir su destrucción.

La *caducidad*, *decrepitud ó madera borne* es la última enfermedad de los árboles cuando disminuye la fuerza vegetativa y la savia no asciende hasta las partes más altas de su copa ó cima, sea porque los canales se obstruyen con la materia leñosa y no le permiten el paso, ó ya porque se ha debilitado la causa que produce el movimiento ascensional de aquélla, que no llega á las ramas altas, las cuales se secan dando á conocer esta irremediable enfermedad cuando ya la madera no es utilizable para la construcción por haber perdido su elasticidad, se vuelve quebradiza y presenta resistencia á las herramientas; el color es blanco sucio ó pardusco por la humedad desprendiendo un olor especial desagradable, característico de su mal estado.

Vicios y enfermedades de las maderas cortadas. Muchos de los vicios y enfermedades de los árboles en pie que se han descrito más arriba dejan sus señales en las maderas y hasta se conservan y continúan desarrollándose en éstas cuando el árbol ha

sido cortado. A la simple inspección de las secciones transversales del tronco se ven los efectos de muchas de ellas que no se sospechaba existiesen en el árbol en pie, otras tardan más en darse á conocer ó en producir sus efectos; mientras el tronco conserva la corteza también es difícil darse cuenta de muchos defectos de la madera y á veces no se conocen hasta que ha sido escuadrada y serrada.

La madera debe ser dura, de substancia uniforme é igual, elástica y de fibras rectas; recién cortada debe tener un olor fresco y agradable y muy diferente del acre, que como signo de descomposición y podredumbre se observa en la que padece alguna enfermedad. Cuando la madera procede de cortas antiguas y está seca y sana, no tiene olor, á no ser que proceda de especies resinosas, como el pino, pero si se levantan algunas virutas se nota entonces el buen olor primitivo. La madera sana es sólida, tenaz, sonora y elástica; la atacada de un principio de pudrición es blanda, produce un sonido sordo y si se la humedece huele mal. El color da también indicios de su calidad, siendo buena si éste es igual y de la misma intensidad que es común á su especie. Las manchas y las variaciones bruscas de color en las diferentes capas ó cuando éste aclara demasiado cerca de la albura son pruebas de mala calidad.

A continuación se describen los vicios y defectos perjudiciales en la madera que obligan á desechar ésta para la construcción.

Madera alburenta y borniza. Como queda dicho, el duramen ó madera perfecta pasa antes de llegar á este estado por el de albura, conservando siempre el árbol sus últimas capas en esta forma, debiendo desembarazarse de ellas la madera por la tendencia á descomponerse de dicha substancia que entonces comunica á la madera perfecta ó duramen la enfermedad. Si el árbol se ha desarrollado en terreno demasiado húmedo ó absorbido jugos con exceso no llega á fortalecer por ejemplo el duramen, produciéndose un tejido fofo y blando de iguales ó peores condiciones que la albura, por lo que debe desecharse su madera. En algunas especies, como el roble, se distingue bien la albura del duramen, formando aquélla un anillo más claro de color y de menos densidad que la madera perfecta; en otras como los chopos, sauces, etc., que producen madera llamada blanca, no se distingue la albura del duramen. La madera alburenta no tiene el grano tan fino como la perfecta, pesando á volumen igual $^5/_7$ de esta última.

Doble albura. Este defecto, que no es muy común, se considera como uno de los más perjudiciales que puede tener una pieza de madera y consiste en dos capas de albura separadas por otra de madera perfecta ó duramen de modo que en una sección transversal del tronco se nota el centro de duramen, un anillo de albura, otro de varias capas de duramen, y los más exteriores de albura, ocasionando esta disposición sólo se puede aprovechar la madera del centro ó corazón, teniendo que desperdiciar todo el resto á causa de ser necesario eliminar la albura intermedia, la cual, además, como resultante de alguna enfermedad del árbol, es más propensa que la ordinaria á descomponerse y pudrirse. En la madera recién cortada se nota con facilidad este grave defecto, siendo más difícil distinguirlo cuando ya está seca, especialmente si es de especie blanca, pero vuelve á aparecer la diferencia de color si se moja la sección con agua bien caliente que funde el sebo ó materias grasientas con que cubren algunos comerciantes los anillos de *doble albura* para ocultarlos.

La *madera repelosa y revirada* está compuesta de fibras torcidas, onduladas, entremezcladas, que oponen resistencias desiguales á las herramientas, siendo muy difícil de labrar, consiguiéndose pocas veces obtener piezas de regulares dimensiones de ella, y

aun así no debe emplearse por presentar poca resistencia y ser más pesada á causa de la disposición de sus fibras que la hacen más compacta que la procedente de otro árbol de la misma especie pero de fibras rectas. Se aprovecha muy bien en las construcciones de piezas de maquinaria y en obras hidráulicas bajo el agua.

La desigualdad de fibras en una madera constituye un grave defecto porque presenta mayor resistencia donde se hallan más apretadas y por lo tanto es más compacta aquélla que en la parte donde las fibras se presentan más separadas entre sí. Puede aprovecharse la madera á pesar de éste defecto colocándola de modo que se obtenga el máximun de resistencia sin comprometer la seguridad de la construcción.

Los nudos ó tubos proceden de la prolongación de las ramas á través de la madera del tronco, aumentando de tamaño á medida que se van formando las capas sucesivas y convirtiéndose como éstas en duramen. En las proximidades de los nudos se desvían las fibras á causa del obstáculo que éstas encuentran en su dirección, y cuando la madera se divide en tablas ó tablones suelen éstos nudos contraerse más que la parte en que están incrustados sin soldarse y se separan de su sitio dejando un hueco, no comprometiendo este defecto la duración de la madera ni haciéndola desmerecer gran cosa si el número de nudos no es considerable. Algunas veces muere el muñón que queda de alguna rama, antes de que lo recubran las capas posteriores de materia leñosa, entrando en descomposición que se comunica á la madera del tronco, en la que se presentan algunas manchas blancas que dan á conocer se ha formado nn *nudo con cáscara tragada* lo que es bastante perjudicial. Los nudos deben sondarse con gúbia ó taladro á fin de conocer si son sanos ó viciados, pues en este caso debe separarse cuidadosamente la madera podrida ó en mal estado.

La madera pasmada adquiere este defecto, según se ha dicho en otra página, por efecto de las heladas. La unión lateral de las fibras se áltera disminuyendo la resistencia de la madera que á veces se desprende en hojas al labrarla, y como generalmente se llena de gritecillas, puede penetrar en éstas la humedad, dando lugar á la descomposición de la madera, por lo que debe reconocerse ésta minuciosamente.

Las grietas ó fendas, si son profundas, y es floja y deleznable la madera que de ellas se extrae en pequeños pedazos, prueban que es de mala calidad y procede de un árbol caduco lo que se probará por medio de la sección transversal hecha por dichas grietas que es la mejor manera de aprovechar la madera si está sana.

La colaña ó cebolla inutiliza las maderas para la construcción, siendo difícil aprovechar alguna pequeña parte de ellas después de separada la atacada de aquel defecto.

La madera borne, procedente de árboles caducos, conserva después de cortada el principio de descomposición de que se halla atacada, el cual continúa su obra de destrucción aun después de labrada aquélla. Se conoce ésta enfermedad en las grietecillas y hendiduras que se ven al través de las fibras sobre las caras escuadradas de los maderos las que presentan un aspecto de mal agüero. Esta madera debe desecharse.

También debe rechazarse la *madera pasada*, la *quemada*, la *recalentada*, la *podrida*, la atacada por *caries seca* y por las diferentes enfermedades que se propagan y han sido descritas entre las de los árboles en vegetación.

Los insectos que destruyen los árboles en pie son diferentes de los que atacan las maderas cortadas y labradas. Estos últimos abren agujeros en la superficie de las maderas muy viejas ó deterioradas por cualquier causa, donde establecen sus nidos sin profundizar mucho en el tejido leñoso. La pre-

sencia de estos insectos es una prueba palpable de descomposición de la madera.

Bajo el nombre de *termites* se conocen unos insectos procedentes de Africa, que viven en sociedad como las hormigas, formando nidos desde los que dirigen galerías atravesando hasta los muros de los edificios para llegar al maderamen, en el que se alojan, devorando el interior de las maderas, las que reducen á polvo, conservando sólo la superficie y las fibras necesarias para aguantar su trabajo, pasando á otro punto cuando no encuentran más alimento. Las piezas de mayor escuadría las destruyen en muy poco tiempo conociéndose sólo cuando se verifica su consiguiente rotura. Esta actividad es debida á su asombrosa multiplicación, pues parece que una hembra en un día pueda poner hasta veinticuatro mil huevos.

Las maderas en el mar tienen varios enemigos, uno de ellos es el moluscobivalvo llamado *teredo* que abre un agujero muy pequeño en la madera y forma dentro un tubo revestido de una materia calcárea en el sentido de las fibras de la madera, generalmente aumentando su diámetro á medida que crece el mulusco. Cuando éste penetra en un madero vertical, como por ejemplo en un pilote, sube y baja según las fibras de la madera sin tocar á la superficie ni á los tubos de los demás teredos que ejecutan idéntica operación, que repiten todos hasta que han destruído la madera entre la base y el nivel del agua del cual no pasan, concluyendo entonces la vida de todos los que han contribuído á esta obra de destrucción.

Reconocimiento de las maderas. Las enfermedades de los árboles pueden transmitirse á las maderas que procedan de su tronco y desarrollarse durante el tiempo que deben conservarse á fin de que se curen y sequen antes de ser labradas, como también después de ejecutada esta operación y colocadas en su destino definitivo comprometiendo la seguridad de las construcciones de que forman parte; también pueden adquirir vicios y defectos durante su almacenaje antes de pasar á manos del carpintero, el cual, por lo tanto, debe reconocer minuciosamente las maderas antes de proceder á su labra, examinarlas atentamente durante ésta y no colocarlas si resulta en ellas algún defecto que pueda causar su destrucción en mayor ó menor espacio de tiempo. El reconocimiento de las maderas se hace por medio de sondas practicadas con barrenas, labrando con la azuela los puntos sospechosos, aserrando los topes ó cabezas de las piezas, dándoles golpes que deben resultar de un sonido seco, examinando detenidamente el color de sus diferentes secciones, especialmente el de la transversal así como el olor que despida, no omitiendo ninguna precaución para asegurarse de la buena calidad de la madera y de sus condiciones de sanidad. Cuando los vicios ó defectos son parciales, puede aprovecharse la madera sana quitando con cuidado y escrupulosamente toda la parte enferma, de modo que no quede la menor señal de ésta que puede ser causa de que el mal se reproduzca. Algunas veces se puede sacar partido de la parte de madera que se desecha, como por ejemplo de la albura, que puede utilizarse en obras provisionales que no exijan maderas de buena calidad ahorrando ésta, ya que la madera es un material de valor especialmente cuando reune ciertas dimensiones que pasan de las medidas ordinarias ó usuales.

CAPITULO III

MADERAS QUE SE EMPLEAN EN LAS CONSTRUCCIONES

Hasta el presente siglo el transporte de grandes pesos ha tropezado con mil dificultades materiales y económicas. Los caminos eran escasos y tenían pocas condiciones para su arrastre; las fuertes pendientes y curvas reducidas obligaban á emplear excesos de fuerzas; los carros y demás medios análogos presentaban poca solidéz y con facilidad sufrían roturas y desperfectos que los inutilizaban y obligaban á emplear considerable cantidad de tiempo para recorrer espacios relativamente pequeños, resultando que los gastos ocasionados por el transporte eran grandísimos comparados con el valor de la materia transportada. Los buques por su forma, tamaño y especiales condiciones no reunían las necesarias para transportar materias pesadas, muy voluminosas y de valor relativamente escaso, siendo difíciles las operaciones de carga y descarga en los puertos; el tiempo estaba á merced de los vientos y de otras contingencias náuticas que hacían incalculable el que se empleaba en estos viajes, mucho más peligrosos que los terrestres y propensos á la pérdida total del transporte y de las materias transportadas.

Todas estas circunstancias contribuían á que cada país emplease en las costrucciones las maderas que producían sus bosques, si estos no estaban muy lejos del punto en que aquellas debían emplearse, considerándose el transporte más barato y fácil el que se verificaba por los ríos en épocas favorables, empleando el sistema de almadias ú otro análogo. Las maderas exóticas se empleaban solo en obras de lujo y artísticas en las que el valor de la primera materia no era el factor de más importancia.

El carpintero por lo tanto debía conocer únicamente el reducido número de especies de la localidad en la que construía, empleando sus maderas con perfecto conocimiento de causa en obras adecuadas á sus respectivas cualidades según las costumbres del país

basadas en la experiencia adquirida por infinidad de generaciones.

En la actualidad los medios de transporte son poderosos, rápidos y cada vez más económicos. Materias de escaso valor ó que antes carecían de él en el país productor, son trasladadas á inmensas distancias por un precio ínfimo, que permite utilizarlas con ventaja. La madera es uno de los materiales que más ha aprovechado este beneficio, siendo transportada en cantidades inmensas á nuestros puertos desde el Norte de Europa, desde África, de Asia, de América y hasta de la Oceanía, viéndose acudir á nuestros mercados en cantidad cada vez mayor las diversas especies que producen dichos países, para subvenir á las crecientes necesidades de la industria moderna y sustituir á la escasa producción de los arrasados bosques de la vieja Europa. El catálogo de las diferentes maderas que se importan de dichas procedencias aumenta todos los días. Al mismo tiempo se aclimatan en Europa y en el Norte del África algunas de aquellas especies anteriormente desconocidas.

El constructor puede al presente escoger el material más adecuado para su obra, cuando generalmente antes tenía que emplear buenamente el que se hallaba á su disposición, pero esta facilidad y ventaja le obliga á estudiar más á fondo las cualidades de aquellos de que puede disponer, á fin de no sufrir crueles decepciones, ya que no tiene en su favor la experiencia, factor tan importante en el empleo de la madera que al cambiar de clima suele variar de condiciones de conservación.

Generalmente en una misma especie son mejores para la construcción los árboles que tienen un tronco robusto, elevado y derecho, presentando una madera compacta, hemogénea, resistente y ligera que se deje labrar con facilidad. Los que se desarrollan en los bosques, especialmente procedentes de siembra ó de plantones, dán piezas más sanas, largas y de mayor escuadria que los criados aisladamente ó en alineaciones simétricas en calles, paseos, caminos, etc., pues tardan más en crecer y no alcanzan la altura de aquellos á causa de los perniciosos efectos de las podas ejecutadas á fin de que dén prontamente follaje y de que sea éste espeso, siendo motivado también por la corta de parte de las raíces hecha con diferentes motivos. Asimismo es perjudicial la práctica de desmochar ó descabezar los plantones ó estacas pues se limita su crecimiento y altura, y se produce una herida que puede ser causa de diferentes enfermedades, ocasionando también males de consideración el suprimir en la cabeza todas las ramas menos la principal que pronto se confunde con el tronco, pero en la unión se forma un nudo que rodea y contrae las fibras resultando viciosa la madera en esta parte. Una vez hecha la plantación es preciso dejar crecer espontáneamente los árboles, sin mutilarlos, limitándose á sujetarlos con una ó más estacas altas ó rodrigones para que se conserven y desarrollen bien derechos.

Clasificación de las maderas. Muchas son las especies de árboles que existen sobre la tierra, pero el número de los que se emplean en las construcciones es limitado y según las cualidades particulares de sus maderas reciben diferente aplicación. Para mayor claridad se consideran divididas todas las especies maderales en cuatro grandes grupos y en cada uno de éstos se reseñan solo los tipos principales, á los que se pueden referir todos los demás, ya que sería dificil é innecesario citarlos todos. Alguna especie por sus particulares circunstancias puede figurar en dos ó más clases pero solo se citará en la más adecuada.

1. Clase. Maderas duras. La que se emplea en primer lugar en Carpintería y la más apreciada es la que procede de la especie de roble, siguiéndole en importancia las demás que sustituyen á aquella cuando falta ó lo permiten las construcciones.

2.ª CLASE. MADERAS RESINOSAS. Compiten con las anteriores cuando son necesarias elasticidad y ligereza unidas á grandes longitudes. En algunos países se emplea esta especie en toda clase de construcciones, reservando los de la primera por su escasez para muebles y otros trabajos de ebanistería.

3.ª CLASE. MADERAS BLANCAS Y FLOJAS. La mayor parte se desarrollan en terrenos húmedos, son de mala calidad y de corta vida pero crecen rápidamente y se labran fácilmente.

4.ª CLASE. MADERAS FINAS. De fibra fina y compacta, procedente de árboles de medianas ó pequeñas dimensiones. Se emplean por la hermosura del tejido y de las aguas que forman, en trabajos de ebanistería y análogos. Algunas especies se emplean en la construcción de máquinas, de mangos y astiles de herramientas, en el torno y en otros varios usos.

1.º MADERAS DURAS

Robles.—Muchas son las especies que se conocen de esta familia que es propia de las zonas templadas, notándose la mayor variedad en Europa donde figura en primer lugar por producir los árboles mayores más robustos y más útiles. Caracterizan esta familia sus hojas, cuyo contorno está formado por escotaduras redondas, y su fruto llamado bellota, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto mejor es la madera del árbol que lo ha producido. La madera tiene generalmente un color pardo leonado más ó menos claro según la especie, que va obscureciendo, hasta convertirse casi en negro, cuando sufre mucho tiempo la acción del aire; la albura es blanca, muy gruesa y fácil de distinguir, siendo necesario separarla al labrar la madera. Por lo común el tejido leñoso lo componen fibras rectas y apretadas separadas por pequeños canales interrumpidos, dividido en zonas concéntricas. En la sección hecha según los radios medulares se ven los espejuelos que forman el agua de la madera y es distinta en cada especie. Esta familia produce la madera más sólida y duradera, teniendo algunas construcciones más de seiscientos años. Su duración en el agua es indefinida y adquiere gran dureza. Este árbol no crece tanto como los de otras familias, pero su tronco llega á tener gran circunferencia citándose alguno que ha alcanzado un contorno de once metros. El roble tarda muchos años en desarrollarse, suele tener á los cien años menos de treintitrés centímetros de diámetro; emplea de dos á trescientos años en su completo desarrollo y madurez, pudiendo vivir más de mil doscientos años.

Las variedades más notables que se darán á conocer á continuación son: Roble de fruto pedunculado, *Quercus robur pedunculata*.—Roble de fruto sentado, *Quercus robur seniliflora*.—Rebolla, *Quercus cerris*.—Roble quejigo, *Quercus lusitanica*.—Encina, *Quercus ilese*.—Alcornoque, *Quercus suber*.—Mesto, *Quercus hispanica*.—Alcornoque, *Quercus occidentalis*.—Rebollo, *Quercus tozza*.—Roble de Holanda.

ROBLE DE FRUTO PEDUNCULADO, llamado *roble albar* en Asturias, *roure* en Cataluña, *carballo* y *carballo blanco* en Galicia. Esta especie es la que produce la mejor madera y la más apreciada en las construcciones civiles y navales, encontrándose en toda la Península aunque en mayor abundancia en el Norte de España especialmente en las costas del mar Cantábrico. En las regiones meridionales es de mejor calidad que en las del Norte. Su madera es la más dura, fuerte y elástica de las de esta familia, prefiriéndose la que presenta las capas ó anillos anchos. Como todas las de esta especie, contiene ácido tánico que le comunica gran duración cuando está expuesta á la acción del aire y del agua, siendo la que mejor resiste la influencia del calor y de la humedad. Las raíces tienen un volumen igual casi á la sexta parte del tronco,

unidas al tronco suelen proporcionar excelentes piezas curvas que se emplean en la construcción de buques. Esta madera es más densa cuanto más crece, y llega á ser igual á 0'92 recién cortada; de 0'63 á 0'90 secada al aire y sólo 0'59 secada en estufa por término medio.

ROBLE DE FRUTO SENTADO ó *roble común*, roble albar en Liébana (Santander). Compite esta especie con la anterior siendo su tronco más recto y cilíndrico. Su madera presenta menos nudos, es de grano más fino y más fácil de labrar y se aprovecha mejor que la anterior como combustible por serle superior en calorías; también supera al árbol anterior en altura, pues llega á la de 35 metros hallándose en las mismas zonas de España que aquél, como asimismo en Ávila, Cataluña, Logroño, Pirineos, Salamanca y en otros varios puntos. Su densidad varía entre 0'57 y 1'02 Se conocen otras variedades de esta especie bajo el nombre de roble de Provenza, muy escasas hasta en el Sudeste de Francia en el que se producen, cuya madera es más elástica y de fibra más homogénea, por lo que se prefieren á la anterior y aunque tiene menos resistencia, su madera es más dura y fibrosa, buscándose especialmente para la construcción naval.

REBOLLA. *Quercus cerris*. Crece más, y con mayor rapidez que los anteriores, teniendo también más albura, que es más obscura, así como el duramen. Los radios medulares presentan mayor número de espejuelos de dimensiones menores, semejantes á los de la madera de haya. Su madera es muy dura y fibrosa, debiendo quitarle cuidadosamente la albura, la cual se descompone fácilmente. Tiene el defecto de agrietarse. Se produce esta especie en Francia, Italia, Austria y Hungría: en España es muy escasa. Su densidad es de 0'85 á 1'00.

ROBLE QUEJIGO ó simplemente *quejigo*, *roble carrasqueño* en Burgos. Se distingue esta especie en que la corteza del tronco es dura, resquebrajada y negruzca. Su altura llega á ser la de las dos primeras especies. La madera es de grano fino y homogéneo, dura y pesada, pero fácilmente se hiende. Se aplica en construcciones civiles y navales, sustituyendo á las maderas anteriores. Esta especie se halla en toda la Península, con la particularidad de que sus hojas son más anchas en los árboles que se encuentran en el Sur que las de los del Norte. También se encuentra en el Norte del África. Su densidad llega á ser igual á 1'00.

ENCINA, *encino*, *carrasca: alsina* en Cataluña y Valencia, *matacanes* en Sierra Espuña (Murcia), *coscolla negra* en Sierra Mariola (Alcoy), *chaparro*, *mataparda*. Existen muchas variedades de esta especie, llegando las mayores á una altura de 18 metros. En Francia suelen llamarla roble verde á causa de que conserva la hoja en invierno. Su madera es dura, compacta y muy pesada, de grano fino que admite pulimento; pero como el tronco es pocas veces derecho, se aprovecha poco para construcciones en que se necesite regular longitud; además es propensa, cuando se seca, á rajarse y alabearse. Se construyen con esta madera poleas, ejes y piezas de máquinas. Desde el corazón hasta la corteza decrece la intensidad del color, no distinguiéndose la albura del duramen. La encina se encuentra en toda la Península, Su densidad llega á 1'18.

ALCORNOQUE. *Quercus suber; alsina surera* en Cataluña. El valor principal de esta especie está en la corteza, que es la que proporciona el corcho que tiene tantas aplicaciones. Esta especie es parecida á la encina en su madera, que tiene semejante composición, pero el color es desigual, gris, pardo, ó pardo rojizo; el grano es más basto y menos homogéneo que en aquélla. También se distingue poco la albura. Los radios medulares son numerosos, altos y más irregulares y claros que en la encina. Las alternativas rápidas de sequía y humedad destruyen pron-

tamente esta madera que se usa poco en construcciones, y también tiene el defecto de agrietarse longitudinalmente; además, el mucho tanino que posee destruye el hierro de los clavos, tornillos ó herraje que se pongan en esta madera, todo lo que la hace poco utilizable. El alcornoque es común en Andalucía, Cataluña, Extremadura y otros puntos de la Península. Su densidad está comprendida entre 0'80 y 1'03.

MESTO. *Quercus hispanica*. Este alcornoque que también abunda mucho en España reune condiciones casi idénticas á las de la anterior especie y se encuentra en la mayor parte de las regiones de la Península. *Alcornoque*, *Quercus occidentalis*. En esta especie, de condiciones parecidas á las dos anteriores, los radios medulares son raros, poco espesos, bastante aparente el parenquima leñoso, que forma con el tejido fibroso zonas delgadas, alternadas más claras é intensas. Por las mismas razones manifestadas su madera se emplea también poco en construcciones. La densidad de esta madera es de 0'97 á 1'14.

REBOLLO. *Quercus tozza*; roble melojo, marojo; roble negro, turco ó villano en Asturias; carballo negro en Galicia; roble negral ó tocio en Santander; amenza ó ametza en las Vascongadas; roble de los Pirineos en Francia. Este árbol pocas veces es recto y reune buenas condiciones. El aspecto de la madera es parecido al del roble de fruto sentado, tiene mucha albura, cuyos límites están poco determinados y el durámen se agrietea hiende y alabea á no ser que se le deje secar con su corteza cinco ó seis años; además es muy nudosa y difícilmente se obtienen secciones longitudinales rectas, resistiéndose á las herramientas. Los insectos y gusanos tienen una predilección especial por este árbol y le destruyen en poco tiempo. Todas éstas malas condiciones lo hacen desechar como madera de construcción. Este roble es bastante común en la Península. Su densidad está comprendida entre 0'80 y 0'92.

Roble de Holanda. Se desarrolla en terrenos húmedos y fértiles; sus fibras son muy rectas, su tejido celular es abundante, resultando floja la madera. Se labra con mucha facilidad, empleándose en muebles y otras obras semejantes.

Las principales maderas duras, distintas del roble, son las siguientes:

OLMO. *Ulmus campestris*, álamo negro, negrillo, om en Cataluña, olmo rojo en Francia. Las diferentes especies de olmos se distinguen por las hojas que en unas son grandes y en otras pequeñas, teniendo todas forma oval y contorno dentellado: su color es verde obscuro. Producen las flores antes que las hojas. Esta especie es entre todas la que proporciona mejor madera para la construcción; en cada capa anual los vasos del crecimiento de primavera son grandes y forman una zona estrecha siendo pequeños los restantes y colocados en líneas ondulares ó quebradas; los radios medulares son altos, largos y apretados. Su madera tiene un color pardo rojizo ó rojo obscuro y es muy fibrosa, dura, elástica, tenaz, de apariencia basta, difícil de rajarse, siendo aplicable a obras hidráulicas y durando tanto como el roble. Debe separársele completamente la albura por ser muy propensa á las caries. Se emplea en construcciones civil y naval, en cureñas y cubos de ruedas, en piezas para molinos y prensas, en tornillos y otros diferentes usos. Vive el árbol unos cien años llegando entre sesenta y setenta á la madurez, pudriéndose con facilidad los troncos interiormente, y así resultan huecos, encontrándose pocos ejemplares completamente sanos. Esta especie se halla en toda la Península y generalmente se planta en paseos y carreteras. La madera completamente seca tiene una densidad de 0'60 á 0'85.

HAYA. *Fagus sylvatica*, fago en Aragón, fatx en Cataluña. De las tres especies que

se conocen del haya sólo una crece en Europa alcanzando una altura de 19 á 26 metros y un contorno máximo de 3 metros en la base del tronco. Sus hojas son ovaladas, relucientes y de un verde claro por debajo con pequeños dientes en su contorno; su fruto llamado fabuco ó bacuyo, se compone de dos bayas triangulares encerradas en una cáscara espinosa. La madera recién cortada es blanca y á medida que se seca al aire, toma colores rojizos sucesivos hasta llegar á un gris rojizo claro é igual que conserva siempre; tiene el defecto de alabearse, retorcerse y resquebrajarse, poseyendo poca flexibilidad; los gusanos la destruyen fácilmente, y tiene tendencia á descomponerse, particularmente si sufre alternativas rápidas de humedad y sequía. Se conserva perfectamente en el agua. Después de la corta debe dejársela secar un año, sumergiéndola durante cinco ó seis meses en agua, cuando ya está serrada ó escuadrada. Se emplea en construcción de segundo orden, en muebles y en utensilios domésticos, dándosele gran dureza después de labrada si se pasa la obra hecha por un fuego vivo alimentado con virutas de la misma madera. La marina la emplea en la fabricación de remos. Puede con facilidad inyectársele materias antisépticas, usándose preparada en esta forma para traviesas de ferrocarril. Antiguamente se empleaba en la encuadernación de libros, dividida en hojas delgadas. También se usa en la construcción de vainas de espadas, puñales, estuches, etc., bajo el nombre de almas. Se encuentra el haya en toda la Península, pero particularmente en la parte septentrional. Su densidad varía entre 0'68 y 0'91.

Castaño. *Fagus castanea*, castanyer en Cataluña. En Europa se conocen dos variedades que se distinguen por sus frutos; una produce la castaña común, algo achatada en alguna de sus caras, por hallarse dos ó tres en la misma cáscara espinosa, y en la otra la castaña es más grande y redonda á causa de formar un solo fruto. La hoja del castaño tiene una longitud de 130 á 190 milímetros y un ancho de 40 á 55, teniendo un contorno formado por agudos dientes y el color de un verde hermoso. Algunos castaños llegan á tener cincuenta metros de altura y un contorno proporciónal en la base del tronco. La madera tiene un color parecido á la del roble; la albura forma sólo de dos á cuatro capas y es escasa, blanca y aparente; el tejido leñoso se parece también al del roble, aunque no tiene espejuelos en sus radios medulares que son estrechos. No se pueden obtener de ella piezas de mucha escuadria, porque el corazón se descompone con facilidad. Las alternativas de humedad y sequía producen su destrucción, durando bastante cuando se la coloca al abrigo de los agentes atmosféricos. Se emplea esta madera en toda clase de construcciones que sean compatibles con sus dimensiones; dura mucho en el agua, por lo que se construyen con ella pilotes; se hace un gran consumo en duelas y otras varias obras. Se encuentra el castaño en Andalucía, en Avila, Cáceres y en todo el Norte de la Península. Su densidad oscila entre 0'55 y 0'74.

Nogal. *Juglans regia*, noguera en Cataluña. Este árbol crece mucho, formando sus ramas una gran copa; las hojas, de un verde hermoso, son anchas y lisas; producen abundantes cosechas de nueces. El tronco es liso y de color ceniciento cuando jóven, resquebrajándosele la corteza cuando alcanza su madurez. La madera es homogénea, bastante pesada, gris, con el corazón pardusco, veteado de manchas rojizas y negras. El tejido leñoso forma zonas concéntricas muy apretadas; los vasos son grandes y los radios medulares iguales, compactos, delgados, bajos y largos. Este árbol se encuentra muy diseminado en toda la Península. Su madera se emplea principalmente en ebanistería por sus hermosas aguas y veteado; también se usa en la construcción de máquinas. Se densidad, completamente seca, es de 0'60 á 0'80.

Fresno, *fraxinus excelsior*, frágino en Aragón, freixa en Cataluña. Se conocen muchas variedades del fresno. Su tronco es generalmente muy recto y elevado. La madera es muy tenaz, dura, pesada y elástica; de color blanco, con vetas parduscas irregulares en el centro cuando es viejo el árbol. En el anillo interno de primavera los vasos son desiguales, abundantes, gruesos, encontrándose pocos y estrechos en el resto; los radios medulares son delgados, cortos, apretados y medianos. Esta madera se descompone con transmisiones rápidas de humedad y sequía, no es propensa á la caries, pero sí á ser atacada por los gusanos é insectos. La principal aplicación de esta madera es á la carretería para las piezas que exigen longitud y flexibilidad. Se halla el fresno en los Pirineos, en Burgos, León, en todo el litoral cantábrico y en otras diferentes localidades. La madera bien seca tiene una densidad de 0'63 á 1'00.

Olivo. *Olea europea,* acebuche, empeltre en Aragón, picudo ó cornicabra en Castilla, olivera la cultivada y borda la silvestre en Cataluña. El olivo ha dado su nombre á una región agrícola bastante extensa. Son muchas sus variedades y producen frutos muy diversos que reciben en cada localidad calificativos apropiados á su tamaño y cualidades. Se cría en toda clase de terrenos hasta en los que no son aprovechables para otras plantas, resistiéndose sólo al arcilloso y apelmazado que conserva demasiado la humedad. Su vida es larga encontrándolos de más de 700 años. Es más sensible al frío que al calor y necesita ventilación. Su tronco se fija en tierra en el que echa una raíz vertical extendiendo las demás horizontalmente para absorber lo más someramente los jugos de aquélla. La madera del olivo es muy dura y compacta, de color aceitunado ó de avellana amarillento, notándose en el corazón vetas de un color pardo obscuro, finas, irregulares y entrelazadas; los principios oleaginosos que contiene la preservan de los agentes atmosféricos comunicándole grandísima duración: esta causa y la finura de su grado la hacen susceptible de hermoso pulimento. Como el árbol tiene escasas dimensiones, no proporciona grandes piezas, que se emplean en la construcción de muebles, embarcaciones menores y otros usos. La madera de las raíces se emplea en objetos de pequeñas dimensiones y es muy apreciada por su dureza y el juego de sus aguas y vetas. El olivio se encuentra en España en la región de su nombre, especialmente en Andalucía, Cataluña, Murcia y otras provincias. Su densidad es de 0'83 á 1'12.

Teca, *lectona grandis*, tecla, ticla, yate, calatayate. Este árbol que se cría en el Asia y en la Oceanía, llega á veces á tener 80 metros de altura y un metro de diámetro en el tronco á los 90 años. Su madera, al cortarla, presenta un color amarillo verdoso que se obscurece sucesivamente al contacto del aire hasta llegar á un pardusco muy obscuro, que cuanto más intenso, la hace más estimada. Esta madera es muy dura, compacta, pesada, resistente, exenta de nudos, de gran duración y fácil trabajo: está impregnada de una substancia resinosa que la libra de los insectos y evita que se oxide la clavazón que en ella se coloque; por esta circunstancia debía incluirse entre las maderas del grupo siguiente, como también entre las de Filipinas. La mejor es la procedente de Java, sigue la de Malabar, siendo la menos apreciada y más abundante la de Birmania-Siam y otros puntos. Se emplea especialmente en la construcción de buques, para la que es muy buscada por su duración y gran resistencia á las alternativas de sequía y humedad; también se emplea en la construcción civil. Su densidad es de 0'75 á 0'87.

Caoba. Swietenia Mahagoni. Se hallan las mejores y más abundantes especies de este árbol en América y las Antillas, encontrándose algunas en Asia y Africa. Su madera es dura, pesada, compacta y admite un

perfecto pulimento; al principio suele tener color claro según la especie, pero va obscureciendo paulatinamente pasando por un tinte vinoso hasta obscurecerse completamente; en general se halla veteada con tintas que con el tiempo llegan á ser casi negras. También debía figurar esta madera en el grupo siguiente, y en el último. Las especies de las distintas procedencias tienen cualidades diversas. La caoba de Haiti tiene el color vivo y fibras compactas y finas, siendo la densidad de 0'82 á 1'00; la de Cuba es de color más claro, fibra más gruesa y es más pesada y compacta; la de Africa es todavía más dura y pesada que las anteriores, y de un color vinoso; la del Canadá, de Honduras y del Norte es muy ligera, siendo su densidad de 0'65 á 0'70, de color, claro con pocas vetas, obscureciéndose, como todas, al contacto del aire, teniendo los poros grandes y tierna la fibra, y siendo de fácil labra; esta especie es de poca duración y desigual resistencia, absorbe mucha agua y aumenta de peso, por lo que tiene malas condiciones para la construcción naval. Varias otras especies parecidas toman el nombre de *caoba hembra*, y todas como la caoba propiamente dicha, se emplean en la ebanistería y obras análogas.

Como maderas duras pueden también citarse: el roble de la Florida y de Virginia muy empleado en construcciones; el roble blanco de Virginia que es el más estimado; el roble rojo de Virginia, blando, poroso, y poco durable, cuya madera tiene un veteado rojo; el roble de Sierra Leona, cuya madera es dura, compacta, pesada y muy durable; el olmo de Virginia parecido al común, y otras varias más ó menos parecidas y empleadas en construcciones.

2.° MADERAS RESINOSAS

Este grupo lo componen casi por completo las coníferas, figurando en primer lugar el alerce, que es el único que pierde la hoja en invierno; siguen los pinos, de los que se conocen más de treinta variedades; á éstos los abetos en número de cerca de veinte, continuando los cedros, cipreses y el tejo, incluído aquí por sus circunstancias especiales, á pesar de que sn fruto más bien es una nuez que un cono. Las maderas de esta clase son muy fáciles de distinguir de todas las demás, pero muy difícil de distinguir entre ellas: sólo la del abeto se conoce por su finura, su color más blanco que el de las otras y la igualdad y delgadez de sus anillos más compactos; la del alerce también se da á conocer cuando vieja por su color rojo veteado.

Casi todas estas maderas tienen muy señaladas en la sección transversal sus capas ó anillos anuales, que están formadas de dos substancias: una, la medular blanca y floja la otra esencialmente resinosa, compacta, dura y de un color rojizo ó leonado, estas capas se observan también perfectamente en una sección longitudinal del tronco, en la que se ven en forma de cintas, confundiéndose en cada una ambas tintas, pero notándose la separación de las capas; cuanto más se aproximan entre sí las capas resinosas, es mejor la madera. Estas maderas son atacadas por los insectos y los gusanos, sino se las descorteza en seguida de haber sido cortadas, debiendo apartarlas inmediatamente del bosque. De esta clase de árboles se extraen cuando están en pie diferentes resinas y productos que se utilizan en la industria, pero en este caso la madera pierde gran parte de sus buenas cualidades para la construcción, debiendo sólo emplearse en obras provisionales y ordinarias como andamios, cimbras de poca importancia, pontones ó pasos provisionales y otras parecidas, pudiéndose también quemar para extraer el alquitrán y para utilizarla como leña.

Las maderas resinosas sirven para toda clase de construcciones, proporcionando grandes vigas, viguetas y otras piezas que

se emplean en los edificios y demás obras como también los tablones y tablas que igualmente se utilizan en ellas y en la carpintería de taller, construyéndose con ellas multitud de muebles y efectos. La carpintería naval saca gran partido de estas maderas, especialmente del alerce. Aunque en España existen grandes bosques y territorios poblados con algunas especies, obliga el gran consumo á importar cantidades inmensas de maderas de esta clase procedentes del Norte de Europa, de América y de otros países.

Alerce, *Larix europæa*, *Pinus larix*. Este árbol es el único de la familia de las coníferas que pierde la hoja en el invierno, siendo una especie de abeto de tronco recto y erguido. Las ramas se desarrollan horizontalmente en gran número y tienden por su extremo en dirección al suelo á causa de su gran flexibilidad, y como quiera que su longitud va disminuyendo hasta la cima, el conjunto de ellas presenta la forma de un cono de color verde claro que es el de las hojas. Es notable este árbol tanto por su belleza, como por la excelente calidad de su madera, que se obtiene de grandes dimensiones á causa del desarrollo del mismo, teniéndose noticia de algún ejemplar del que se ha extraído una viga de 39 metros de longitud con una escuadría de 65 centímetros. Abunda el alerce en Rusia y se encuentra también en los Alpes, en los Apeninos, en Alemania y en la mayor parte de las regiones del Norte del antiguo continente; y no se cría expontáneamente esta especie en los montes de España. La madera del alerce tiene mayor duración que la de los demás abetos y pinos; su albura es blanca amarillenta muy aparente en una zona estrecha, teniendo el duramen un color pardorrojizo claro veteado por la madera de otoño, que presenta un color algo más obscuro, viéndose en él multitud de canales resiníferos por los que circula gran cantidad de principios resinosos; todo lo que, unido á la perfecta regularidad de sus crecimientos anuales, da esta madera gran duración, resistencia y elasticidad, debiéndose añadir que con dificultad la atacan los insectos y que no se raja siendo por lo tanto muy apreciada y empleada en toda clase de construcciones, especialmente en la naval para arboladuras y cascos de los buques. Generalmente son de esta madera los largueros de los puentes sobre los que se sientan los carriles de los caminos de hierro, empleándose en gran parte el alerce para madera de sierra y tablonería. Adquiere esta madera gran dureza en el agua, mencionando Muller que en los mares del Norte, se encontró un buque sumergido, hacía más de dos mil años, á doce brazas bajo el agua y cuyas maderas de alerce y ciprés eran tan duras, que resistían á la acción de las herramientas más cortantes. La densidad de esta madera completamente seca es de 0'56 á 0'67, siendo sólo de 0'46 á 0'53 cuando procede de colinas ó montañas bajas.

Cedro del líbano, *Cedrus Libani*. También es este árbol de la especie abeto, distinguiéndose entre las especies arbóreas por su hermosura y grande elevación, alcanzando su tronco una circunferencia de más de 12 metros. Sus ramas se extienden horizontalmente, las hojas son lineales cortas y triangulares, las semillas se encuentran encerradas en conos ovalados. Como su nombre lo indica es originario de la Siria, donde se le encontraba formando magníficas selvas y bosques que cubrían las montañas, y de cuyo país ha sido importado á diferentes puntos de Europa, aunque no en gran número. Sus raíces no producen brotes después de apeado el árbol. En Asia y en América se encuentran también diferentes variedades de cedros especialmente en la isla de Cuba. La madera de cedro es ligera, resinosa, de un blanco rojizo que se obscurece con el tiempo; no tiene canales resiníferos, pero se encuentran diseminadas en ella mul-

titud de celdillas resiníferas que producen un olor aromático, intenso y característico; la albura es blanca, abundante y bien marcada; esta madera es poco homogénea á causa de que el tejido leñoso de otoño es diverso del de primavera, pero el grano es fino y la fibra corta, lo que la hace susceptible de buen pulimento. Si el cedro se ha criado en su zona propia produce excelente madera para la construcción, teniendo tanta duración que se reputaba ya en la antigüedad como incorruptible. En las grandes alturas de la Siria las estaciones son iguales y el período vegetativo de corta duración; en el verano el calor producido por el sol es muy intenso, condiciones todas que hacen que las capas anulares sean delgadas é iguales, alcanzando el tejido de otoño un espesor de la cuarta parte del total del año; siendo por lo tanto cuando la madera de cedro es más compacta, pero cuando el árbol se desarrolla en colinas ó llanuras, en climas más benignos ó variables, la madera presenta las capas anuales más desiguales, más anchas, ocupando el tejido leñoso de otoño una pequeña parte del anillo total, siendo por lo tanto la madera de color claro, blanda y poco aromática. La densidad en el primer caso alcanza á ser de 0'61 á 0'81, y en el segundo á sólo 0'45 por término medio.

PINABETE, *Abies pectinata, Pino abeto, Abete, Pibet ó Pi-abet y Abet en los Pirineos, Abetuna*, en Huesca los árboles jóvenes. Este árbol es una de las diferentes variedades de la especie abeto, teniendo como casi todos sus congéneres el tronco cónico y muy derecho: muchos ejemplares alcanzan una altura de 40 metros y una circunferencia de 7 metros en la base. Las ramas verticiladas y delgadas forman ángulo recto con el tronco, las hojas son lineales, puntiagudas, cuadrangulares y de un color verde obscuro permanente, los frutos consisten en piñas de una longitud de 16 centímetros. Es muy abundante el pinabete en los países del Norte de Europa, de donde procede la mayor parte de la madera de esta clase que se emplea en las construcciones; y se encuentra también en Cataluña y en los Pirineos aragonés y navarro. La madera del pinabete tiene poca resina en sus escasas celdillas resiníferas, no teniendo canales de esta especie, por lo que tiene poco aroma, hallándose formada de fibras y radios medulares. Tiene el color blanco, á veces algún tanto teñido ligeramente de pardo-rojizo; la albura se descompone fácilmente y en particular cuando está seca la madera no se distingue del duramen, siendo con facilidad atacada por los insectos. Se distinguen en ella perfectamente por su color y dureza los crecimientos anuales, siendo más estrecho y compacto el de otoño que el de primavera, ocasionando esta diferencia que se raje la madera en el sentido de estos círculos y no según los radios medulares; los pinabetes por esta misma causa están expuestos á la venteadura ó heladura, siendo preciso para que su madera dure y se conserve, que no experimente cambios rápidos de frío y calor, ni sufra la acción de la humedad. La densidad de esta madera aumenta cuanto más meridional es el país en que se ha criado, y cuanto más espaciados se han desarrollado los árboles, hallándose comprendida entre 0'38 y 0'65, cerrespondiendo por término medio 0'38 á la madera del todo seca, 0'48 á la secada al aire y 0'59 á la verde. Los pinabetes y abetos crecen lentamente durante la primera edad, empezando á los seis años á crecer más aprisa desarrollándose rápidamente entre los 12 y los 30 años, notándose entonces un crecimiento anual de 65 centímetros á un metro. Una vez cortado el árbol, las raíces no producen renuevos, y cuando se le corta, la guía ó cima del tronco se corona y cesa de crecer, cuyas particularidades son comunes á casi toda la especie de abetos y pinabetes con raras excepciones.

ABETO, *Abies excelsa, Abeto del Norte.*

Procede este árbol del Norte de Europa y con dificultad se encuentra en los bosques de España. Su madera es blanca parecida á la del pinabete, pero más clara que la de éste. Tiene canales resiníferos longitudinales y radiales, notándose un ligero aroma de resina, los tejidos son blancos y ligeros, en las capas anuales es estrecho el crecimiento de otoño y poco compacto. Cuando el árbol se desarrolla en terrenos pantanosos, el color de la madera es algo rojizo, resultando ésta de clase inferior, notándose esta particularidad en los abetos procedentes de la Siberia. La textura de la madera del abeto, es más homogénea que la del pinabete, diferenciándose menos que en éste la consistencia de los crecimientos de primavera y otoño, siendo más ligera y fibrosa la del primero que la del segundo. Esta madera se usa bastante en las construcciones, siendo preferida por los fabricantes de instrumentos de música para la construcción de cajas sonoras cuando no tienen nudos; es muy sana y sus crecimientos son iguales y no exceden de 1'5 á 2 milímetros de espesor, del cual sólo la cuarta parte debe pertenecer al tejido de otoño, teniendo en este caso gran precio el metro cúbico de la madera. La densidad de esta madera varía entre 0'38 y 0'58. Entre las variedades del abeto, son de notar el *Abies vulgaris y el Abies alba.*

Pino silvestre, *Pinus sylvestris*, *Pino albar*, *Pino de Valsain* en Guadarrama, *Pino-royo* en el Pirineo Aragonés, *Pi-rojal* en el Norte de Cataluña, *Pi-bort* en Barcelona, *Pi-melis* del Norte en Cataluña, *Pi-rineus* entre los constructores de Cataluña, *Pino de arboladaras* entre los constructores navales. En clima favorable y en buenas condiciones crece este árbol hasta 40 metros y llega á tener 4 metros de circunferencia en la base del tronco. Tiene sus ramas verticiladas alrededor del tronco, las hojas siempre verdes se hallan colocadas en las ramillas en forma de doble espiral; sus frutos tienen la forma cónica con la base esférica y una longitud de 4 á 7 centímetros. Los mejores ejemplares de esta especie se encuentran en los países del Norte de Europa, donde es muy abundante; en España no alcanza las dimensiones que en aquéllos, aunque forma extensos montes en los Pirineos, Aragón, Navarra, Cataluña, Álava, Burgos, Logroño, Soria, Ávila, Guadarrama, Cuenca, Teruel, Andalucía y en otros diferentes puntos de la Península. Las condiciones del terreno y del clima en que se desarrolla el árbol influyen extraordinariamente en la marcha de su crecimiento y en la forma recta ó más ó menos tortuosa que toma el tronco, observándose ésta última en los que se crían en las llanuras de climas templados en terrenos secos y pobres; en los países del Norte es donde alcanza este árbol las mayores magnitudes y donde crece en mejores condiciones, reuniendo á una gran rectitud, elasticidad, poco peso y duración, que son las circunstancias necesarias para ser empleado especialmente en la arboladura de los buques, las cuales son producidas por ser los crecimientos más lentos y uniformes á causa de la constancia del clima, y ser muy cortos los veranos, resultando las capas anuales muy iguales y delgadas, lo que produce una madera de excelente calidad para toda clase de construcciones. En el pino silvestre se distingue perfectamente la albura del duramen, siendo aquélla blanca ó algo amarillenta, de mala calidad y de diferente grueso según las condiciones del clima, edad y suelo, abundando en los árboles que se desarrollan bien en terrenos montañosos compactos y húmedos; en los árboles que se desarrollan lentamente y en los de mucha edad la albura tiene poco grueso, hallándose los límites de ésta entre 27 y 80 capas anuales. La madera útil para la construcción, es el duramen que presenta un color rojo ó rojo-pardusco y tiene muchas canales resiníferos verticales y horizontales, en los que se halla

la trementina, que es muy fluida en la albura y en forma de resina de color pardo en el duramen, comunicando mucha resistencia á la madera; si se practica una incisión en el tronco del árbol, fluye por ella en gran abundancia la citada trementina. Según la edad y la cantidad de resina, varía la densidad de la madera del pino silvestre entre los límites 0'41 á 0'90, correspondiendo 0'54 á la madera muy seca, 0'78 á la secada al aire y 0'90 cuando verde.

PINO NEGRO, *Pinus montana*, *Pinus mugho*, *Pi-negre* en Cataluña. Este árbol tiene su tronco muy recto y esbelto, su fruto es igual al del pino silvestre, pero sus hojas son de un color verde más obscuro y producen un fuerte olor á trementina; sus piñas son una tercera parte más cortas que las hojas. Crece este árbol en los Pirineos y en los Alpes, siendo estos últimos los más apreciados para las construcciones, después del alerce, empleándose también en arboladuras. Su madera, bastante parecida á la del pino silvestre del Norte, es ligera y poco dura. La albura es blanca y el duramen bastante homogéneo, rojizo claro, de grano fino y fácil de labrar. Las capas anuales son iguales y estrechas, siendo muy limitado el tejido de otoño, que es poco más compacto que el de primavera. Los árboles expuestos al Norte son más resinosos que los demás, variando las condiciones de la madera según el clima y la localidad en que se haya formado. Se halla entre 0'44 y 0'61 la densidad de esta madera.

PINO SALGAREÑO, *Pinus laricio*, *Pino negral* en Cuenca, Castellón y Guadalajara, *Pino pudio* en Burgos, *Pinasa* en Barcelona, *Melis* en Tarragona, *Cascalbo* en Avila, *Pino nasarro* en Huesca. También se desarrolla muy recto este árbol en buenas condiciones de clima y localidad, llegando á alcanzar una altura de cerca de 40 metros, formando su copa una pirámide ó cono muy regular; las hojas son muy menudas con una longitud de 13 á 19 centímetros, los frutos se producen en piñas situadas horizontalmente y reunidas en grupos de 2 ó 4 con la punta dirigida al suelo. Su madera tiene abundantes canales resiníferos por los que circula mucha trementina concentrada, de la que está impregnado el tejido leñoso que es pesado, elástico y duro con un grano fino y compacto. La albura es blanca y gruesa, de mala calidad y se descompone con facilidad; el duramen de color rojo pardo está muy lignificado, conociéndose perfectamente el crecimiento de otoño en cada anillo, y formando una madera de excelentes cualidades para la construcción, aunque la fibra es corta y poco agregada, presentando por lo tanto muchas pequeñas grietas concéntricas en sentido de los radios, producidas por la contracción de desecamiento de la madera, siendo además como ya se ha dicho bastante pesada, resinosa y quebradiza. Se emplea mucho esta especie en traviesas de caminos de hierro y es muy abundante en la Península, encontrándose también en Alemania, Hungría y especialmente en la isla de Córcega, de donde toma nombre en Francia denominándosele pino de Córcega.

PINO RODENO, *Pinus maritima*, *Pinus pinaster*, *Pino negral* en Andalucía y en las sierras de Guadarrama y de Gredos, *Pino redezno* en Jaén, *Pino carrasco* en Sierra Nevada. Se encuentra este árbol en la mayor parte de Europa, importándose gran número de tablones de los países del Norte, aunque en el Sur crece naturalmente, cultivándose en las costas francesas del Océano con objeto de extraer la resina; en España se produce este pino en Burgos, Cuenca, Segovia, Soria, en el litoral de Cataluña, en Valencia, en Andalucía y en otras varias regiones. Sus frutos están encerrados en piñas compactas más cortas que las de las demás especies de pinos. La albura tiene un color blanco amarillento y el duramen toma un color rojo claro ó algo pardo en virtud de

las líneas producidas por grandes y numerosos canales resiníferos cuyo aspecto caracteriza esta especie; la madera resulta dura, de fibra gruesa, pesada y poco elástica, notándose en ella fácilmente los crecimientos anuales en los que con frecuencia se observan dos anillos correspondientes á dos crecimientos de otoño en el mismo año. Cuando se ha extraído la resina del árbol resulta la madera más dura, resinosa, resistente y de mayor potencia calorífica que la que no ha sufrido esta operación á causa de que las capas anuales son más delgadas y con mayor proporción de tejido leñoso de otoño, así como también porque la trementina fluida se produce por las incisiones desde el interior, quedando sólo en el duramen la resina concreta y mejorándosa la albura que ha de convertirse á su vez en aquel disminuyendo de grueso. Tiene muchas aplicaciones en la construcción esta madera, empleándose también en traviesas de caminos de hierro, postes telegráficos, en obras interiores de construcción naval y en otros diferentes usos. Su densidad secada al aire viene á ser de 0'52 á 0'77.

PINO PIÑONERO, *pinus pinea*, Pino de comer, Pino albar en Guadarrama, Pino doncel en Cuenca, Pi-vé en Cataluña, Pino-vero en Valencia, Pino real y Pino de la tierra en Andalucía. Esta especie procede del Oriente y se encuentra en muchas regiones de la Península, así como en Francia é Italia. Alcanza este árbol una altura de cerca de 20 metros distinguiéndose por la forma y anchura de su copa, cuyas ramas se extienden horizontalmente en figura de parasol; las hojas de un verde obscuro tienen una longitud de 16 á 20 centímetros y salen pareadas de la misma vaina; el fruto se encierra en piñas ovaladas de un largo de 11 centímetros un poco truncadas y de forma umbilicada. Aunque su madera tiene la fibra muy torcida é irregular á causa de las deformaciones producidas por la acción del calor y de la humedad, se parecen en la estructura y en el color á la del pino rodeno anteriormente descrita, pero es más ligera y menos compacta por tener menos canales resiníferos, hallándose por lo tanto menos impregnada de principios resinosos. Se emplea también bastante en construcciones. Seca al aire tiene una densidad de 0'52 á 0'76.

PINO DE ALEPO, *pinus alepensis*, Pino de Jerusalén. Crece este árbol en Siria, en Berberia, y en lás montañas del Atlas encontrándosele también en algunos países de Europa, en los que se extraen de él productos resinosos. Suele crecer hasta cerca de 20 metros; sus hojas de una longitud de 6 á 8 centímetros son muy estrechas y de un verde bastante obscuro. Sus frutos se desarrollan en piñas que se hallan adheridas a las ramillas por pedúnculos muy fuertes, las que dirigen su punta casi perpendicularmente al suelo.

PINO CEMBRO, *Pinus sembra*. Es originario de las altas montañas y llanuras de la Siberia; se encuentra bajo diferentes denominaciones en varios puntos de Europa, siendo la especie que resiste mejor los rigores del frío. Crece muy lentamente; sus hojas de una langitud de 6 á 8 centímetros, están reunidas en grupos de 4 ó 5; los conos ó piñas son ovalados y colocados verticalmente teniendo una longitud de 6 á 8 centímetros.

PINO DEL LORD WEIMOUTH, *Pinus stobus*, Pino blanco ó Pino amarillo del Canadá. Este árbol procede de la América Septentrional y se cría ya en Europa. Su tronco alcanza una altura de cerca de 50 metros con un diámetro de cerca de metro y medio en la base; algún ejemplar ha alcanzado más de 58 metros de altura. Tiene las hojas muy finas, de una longitud de 8 á 11 centímetros, reunidos en grupos de 5, sus piñas son casi cilíndricas de 11 á 14 centímetros de largo, colgando de pedúnculos bastante

largos una ó varias reunidas. La madera es rígida y ligera, bastante nudosa, pero resistente, poco propensa á deformarse teniendo aplicación á toda clase de construcciones, especialmente en la naval para arboladuras.

Pino de Escocia, *Pinus rubra*, Pino rojo. Crece este árbol en Escocia, en los Alpes, los Pirineos y otras varias regiones de Europa. Se distingue en la figura de sus piñas que son cuadrangulares de sección romboidea. Su madera es muy estimada en construcciones.

Pino rojo, *Pinus resinosa*, *Pinus rubra*, Pino del Canadá. Procede esta especie de América y toma el nombre del color de su corteza. Su madera es bastante pesada, muy resinosa y de muy buena clase, por lo que se emplea con ventaja en construcciones de toda especie.

Pino de la Carolina ó de California. Como su nombre lo indica procede de América, donde su tronco llega á tener la colosal altura de cerca de 97 metros y una circunferencia en la base de unos diecinueve metros y medio, desarrollándose en terrenos arenosos. Su madera es buena para construcciones, asegurando M. Sabine de la Sociedad Lineana de Londres, que de él pueden extraerse vigas de una longitud de 49 metros y tablones de tal ancho que con sólo dos se puede cubrir el suelo de una gran sala.

Pino amarillo de Quebec, *Pinus variabilis*, *Pinus mitis*, Pino del Canadá. Es también originario de América, donde se le emplea en toda clase de construcciones y especialmente en arboladuras de buques á causa de su ligereza, resistencia y buenas dimensiones.

Pino de Mobila, *Pinus australis*, Pino de la Florida. Este árbol, muy abundante en América, produce inmensa cantidad de madera que en gran parte se exporta á Europa en forma de vigas y tablonería, notándose que carece de nudos y es muy igual, por lo que, y á causa de sus buenas condiciones, es muy apreciada para arboladuras.

Tejo, *Taxus baccifera, Taxus baccatus*. Es muy común este árbol en Europa, llegando á tener grandes dimensiones, existiendo algunos ejemplares que miden cerca de 7 metros de circunferencia; y aunque en muy mal estado por su vejez, se conoce en Escocia un árbol de esta especie que mide 16'15 metros de circunferencia en la base del tronco, calculándose tiene la edad de unos dos mil años, pues estos árboles viven mucho tiempo. Tiene ramas en gran número dispuestas por pisos alrededor del tronco, y en los lados opuestos de ellas se hallan colocadas muy próximas unas á otras las hojas que son lineales. El tejo se desarrolla perfectamente en lugares secos y fríos de las montañas. La madera es dura, rojiza, venenosa y de las más pesadas que se crían en Europa, aprovechándose en construcciones cuando tienen dimensiones suficientes; admite pulimento y se talla con facilidad, por lo que sirve generalmente para obras de ebanistería, considerándose entonces como madera fina, empleándose en muebles, herramientas, maquinaria, etc.

3.° MADERAS BLANCAS Ó FLOJAS

Son muchas las especies, de cualidades muy distintas, que componen este grupo, pudiendo algunas, cuya madera es blanca, figurar entre las del primer grupo por su dureza y excelentes propiedades para la construcción. Solamente en Europa se conocen más de veinte variedades de álamos ó chopos; la familia de los arces es también numerosa pudiéndose reseñar también otras veinte especies distintas de las que la tercera parte se crían asimismo en Europa; de la del carpe sólo se conocen tres; el abedul presenta dieciséis variedades; son en menor número las del tilo, al paso que las del sauce ó salce llegan á más de doscientas; de las demás

especies que figuran en este grupo se conocen diferentes variedades en mayor ó menor número. Todas ellas tienen propiedades y cualidades diferentes, por cuya razón no es posible caracterizarlas en general. La madera procedente de muchos de los árboles que componen este grupo no reune las condiciones de dureza y resistencia que la de los dos anteriores, pero se emplea con ventaja en gran número de construcciones por la facilidad de adquirirla y su precio menor que el de aquéllas, teniendo el carpintero que emplear menos trabajo para labrarla y pudiendo ser rápidamente puesta en obra, empleándola también con preferencia en obras provisionales, y especialmente en andamios, cimbras y demás auxiliares ó preparatorias de las construcciones.

ALAMO BLANCO, *Populus alba*, Chopo, Chopo blanco. Este árbol es muy común y fácil de conocer por su forma especial y su follaje. Puede alcanzar una altura de más de 30 metros y un diámetro de un metro en la base del tronco llegando á la edad de doscientos años. Su tronco se desarrolla muy recto, la corteza es de un color gris blanquecino; sus hojas son brillantes y de un verde obscuro por la cara superior al paso que por la inferior están cubiertas de una pelusilla blanca, lo que hace que el árbol presente un aspecto singular cuando las mueve la menor ráfaga de aire, sus flores ó candedas en forma de espigas largas aparecen bastante antes que las hojas. Este árbol se cría tanto en terrenos secos como en los húmedos, pero prefiere estos últimos. En su madera se distingue bien la albura del duramen; la primera es blanca algo amarillenta ó rojiza y de un grueso de 9 a 14 centímetros, mientras que el duramen de un color rojo claro brillante, no tiene nudos ni manchas medulares, observándose las capas anulares muy regulares, aparentes, unidas, muy circulares y concéntricas, resultando la madera de fibra ó grano fino, ligera, algo blanda, fácil de trabajar y susceptible de pulimento; trabajada con cepillo fino presenta una superficie satinada. Se emplea en construcciones comunes, en carpintería de taller y hasta en muebles; la madera procedente de las ramas gruesas sirve para fabricar zuecos y utensilios domésticos. Oscila la densidad de esta madera entre 0'45 y 0'70.

ALAMO NEGRO, *Populus nigra*. Debe su nombre al color de sus hojas que son verde parduscas por ambas caras. Apetece los lugares húmedos, en los que alcanza gran altura. Como el anterior, se emplea en construcciones, siendo su madera de clase inferior á la de aquél. Existe una variedad que crece menos y se cultiva en plantones para obtener mimbre blanco.

ALAMO DE ITALIA, *Populus fastigiata*, *populus dilatata*. Se parece al anterior en el follaje, distinguiéndose de aquél en el ramaje, que es mucho más abundante, presentando su copa la forma de una inmensa pirámide. Este árbol es originario de Oriente, por lo que en Hungría se le denomina *Alamo turco*. Su madera es inferior á la de las dos especies ya descritas, haciéndose de ella tablones que se emplean en construcciones provisionales, cimbras de poca importancia, etc., y especialmente en cajones y cajas de empaque para el comercio á causa de su ligereza.

Se conocen otras varias especies de álamos parecidas á las ya descritas que se emplean de la misma manera que aquéllas en construcción, entre ellas figuran el *álamo plateado*, el *agrisado*, el de *Hudson*, el de *Suiza*, ó de *Virginia*, el de la *Carolina*, el del *Canadá*, el del *Mariland* y otros, cuya mayor parte llegan á tener grandes dimensiones, especialmente en altura, y han sido aclimatados en Europa, sea por su hermosura como árboles de adorno ó por las buenas condiciones de su madera.

ALISO, *Alnus glutinosa*, Vinagrera en Logroño, Vern en Cataluña. Se distingue este árbol por la lozanía de su follaje hasta

en la estación más fría, desarrollándose perfectamente en parajes húmedos. La madera tiene una contextura parecida á la del álamo pero el color es más obscuro, en ella no se distingue la albura del duramen, notándose bastantes espejuelos anchos y largos, resultando bastante dura y pesada, quebradiza, deformable y fácil de rajar. Se logra de buenas dimensiones, pero las alternativas rápidas de sequía y humedad la destruyen prontamente, motivo que la hace desechar para construcciones al aire, y en cambio sumergida en el agua tiene una duración casi igual á la del roble, lo que la hace muy apreciada para obras hidráulicas como pilotes, tubos de conducción de agua, cuerpos de bomba, etcétera. Si se deja secar al aire tiene una densidad de 0'45 á 0'66.

ABEDUL, *Betula alba.* Esta especie forma extensos bosques en varias regiones de Europa. Llega á crecer hasta la altura de unos 15 metros y se le distingue por la brillante blancura que ostenta la corteza de su tronco en cuya base se observan grietas negruzcas; las ramas son delgadas y colgantes, teniendo las hojas lisas, pequeñas, triangulares y dentelladas. La corteza puede descomponerse en hojas que en la antigüedad se empleaban como papel y aun en la actualidad le dan este empleo en los países del Norte. El color de la madera es blanco ligeramente rojo teniendo las fibras finas, rectas y apretadas, lo que la hace medianamente compacta, prestándose bien á la labra. Se obtiene de poca escuadria, por lo que se emplea en construcción en piezas de pequeñas dimensiones, teniendo su principal aplicación á la carretería, construyéndose pinas completas ó de una sola pieza, ejes, etc.

CARPE, *Carpinus betulus*, Hojaranzo. Crece hasta cerca de 20 metros, pero su tronco en la base no llega á tener 33 centímetros de diámetro. Su corteza es lisa, de un color blanquizco con manchas grises. Tiene la copa muy frondosa y las hojas son lisas, de un hermoso verde por encima y más claras por debajo, teniendo una forma ovalada doblemente detallada en su borde. La madera del carpe es enteramente blanca, de grano muy fino y apretado, al secarse se contrae extraordinariamente, apretándose por lo tanto sus poros, comunicándole gran dureza, por lo que merece figurar entre las maderas de la 1.ª clase así como por lo compacta y homogénea. Las capas anuales son poco aparentes é irregulares formando curvas sinuosas con los radios medulares gruesos, altos y numerosos que forman líneas agrisadas. Se emplea especialmente en carretería y en maquinaria para tornillos de prensa, poleas, dientes de engranaje, etc., así como también se fabrican hormas para zapatos y otras obras. También se labra á torno perfectamente, pero es difícil de trabajar con el cepillo por la mucha astilla que éste produce. Esta madera es bastante más pesada que la de haya, alcanzando una densidad de 0'80 á 0'90 secada al aire.

ARCE, *Acer campester*, Acirón, Escarrón en el Pirineo aragonés. Alcanza una altura de cerca de 13 metros, sus hojas tienen cinco puntas, y son de un hermoso verde por la parte superior, blanquinosas por la inferior, las semillas son aladas. Su madera se considera la mejor entre las de color blanco, dominando en ella el tejido fibroso, que es fino, apretado y compacto por lo que resulta dura, pesada y homogénea. Tiene un color blanco brillante algo rojizo ó amarillo; cuando la madera es vieja el corazón adquiere un color pardusco. Esta madera es difícilmente atacada por los insectos, no se deforma, es muy tenaz, admite pulimento y se aplica á multitud de usos convertida en tablas de las dimensiones que el árbol permite. Se encuentra esta especie en las provincias del Norte de España. Su densidad varía entre 0'59 y 0'81.

TILO, *Tilia europæa, Tilia platyphyllos*, Tilo de hoja larga ó de Holanda. Llega á

tener este árbol en buenas condiciones cerca de 20 metros de altura. Tiene la corteza gruesa y arrugada, las hojas son redondeadas y en figura de corazon con sus bordes dentados y aterciopeladas por la cara inferior, las flores son de un blanco amarillento y los frutos ovalados y leñosos. Esta especie crece en las selvas y sirve para sombra y adorno de parques y jardines. La madera es blanca, lisa, de fibras apretadas, tierna y fácil de labrar, empleándose exclusivamente en carpinteria de taller. Con la corteza de las diversas especies de tilos se fabrican cuerdas ordinarias.

Tilo de hoja pequeña. Se diferencia del anterior sólo por sus hojas que son pequeñas y lisas por ambas caras, con unos pelillos rojizos en la ramificacion de sus nervios.

Tilo plateado. Tiene las ramas cubiertas con una corteza de color de ceniza. La parte inferior de las hojas está cubierta de una pelusilla blanca.

Tilo de América. Se cultiva en Europa y llega á tener unos 26 metros de altura. Las hojas son lisas, grandes, acabadas en punta y en forma de corazon en la base. Tiene la misma calidad y condiciones su madera, y por lo tanto las mismas aplicaciones que el tilo de hoja larga.

Plátano, *Platanus orientalis*. Este árbol ha sido aclimatado en Europa desde el siglo pasado y al presente figura en los parques, plazas y paseos de la mayor parte de sus ciudades. Llega á una altura considerable de crecimiento y tiene su tronco muy derecho y liso. La corteza de un color verde-gris se desprende cada año en placas grandes y delgadas á medida que se forma la nueva. Las hojas son irregulares, grandes, anchas, lisas, cortadas generalmente en varias puntas, con los bordes dentados, algo aterciopeladas por la cara inferior cuando son jóvenes; las flores son verdosas. La madera del plátano tiene poca albura y se parece á la del haya en su estructura y condiciones, distinguiéndose sólo en que los espejuelos son más anchos, iguales y numerosos. Admite pulimento prestándose bien á la labra. Tiene el defecto de ser atacable por los insectos. Se conserva muy bien sumergida en el agua. Completamente seca al aire oscila su densidad entre 0'64 y 0'78.

Plátano de América, *Platanus occidentalis*. Es muy semejante en todas sus condiciones y calidad de su madera al anterior, pero alcanza mucho mayores dimensiones. Cita Michaux una piragua ó canoa de América, hecha con un solo tronco de plátano, la cual tenia 21 metros de longitud.

Sauce, *Salix*. Entre las muchas variedades de este árbol sólo deben citarse como las mejores y más aprovechables las siguientes: Sauce blanco, *salix alba*. Sauce amarillo, *salix vitallina*. Sauce frágil, *salix fragilis*. Sauce precoz, *salix præcox*. Todas ellas producen árboles que crecen cerca de 13 metros, hallándose en buenas condiciones, apeteciendo terrenos húmedos. Las ramas son muy flexibles; tiene las hojas largas y estrechas, sedosas, de un verde blanquizco casi plateado. La madera del sauce es de un blanco rojizo ó amarillo pálido, homogénea, ligera, bastante compacta; se labra bien en el torno y con el cepillo; cuando llega á tener dimensiones suficientes puede ser empleada en construcciones poco importantes, sacándose tambien tablas con las que se construyen diversos objetos. No es aprovechable cuando se la cultiva en plantones á la orilla de las corrientes con objeto de obtener mimbres, porque resultan con frecuencia huecos los troncos habiéndoseles podrido el corazon, y la madera de mala calidad.

Acacia falsa, *Robinia pseudo-acacia*. Procede de América y se ha aclimatado en casi toda la Europa. Crece su tronco próximamente 15 metros, distinguiéndose su hermosa copa por el elegante follaje que la forma, compuesto de foliolos ovalados de un verde agradable. Las flores son blancas y

aromáticas, reunidas en racimos colgantes que son á su vez reemplazados por los frutos que producen las semillas aplanadas de forma especial. Cuando el árbol es jóven las ramas están cubiertas de espinas. La madera tiene un color amarillento listado de pardo verdoso, y es compacta, dura, pesada y susceptible de pulimento; sumergida se conserva muy bien, por lo que se la emplea en pilotes. Como las ramas son quebradizas, se desmocha con facilidad la guia, por lo que el tronco generalmente no presenta dimensiones suficientes para obtener grandes piezas para las construcciones á pesar de la buena calidad de la madera, que se aprovecha en obras de menores dimensiones. En Inglaterra se prefiere esta madera en construccion naval para cabillas.

ACACIA VISCOSA, *Robinia viscosa.* Tiene las mismas condiciones que le especie anterior, de la que sólo se distingue por las flores que tienen un color rosado y carecen de aroma. Su nombre lo debe á una materia viscosa que se observa en las ramillas jóvenes. Las espinas son más cortas que las de la falsa acacia.

LAUREL, *Laurus nobilis*, Laurel de Apolo. Crece unos ocho metros teniendo las ramas rectas y apretadas contra el tronco. Sus hojas son largas y ovaladas, lisas, coriáceas, de un color verde oscuro, onduladas por los bordes y aromáticas. Produce unas flores pequeñas, verdosas, y bayas ovaladas de un color negro azulado. La madera es blanca, flexible, blanda y difícil de romper; se emplea en construcciones rurales en piezas pequeñas por alcanzar poca escuadria.

CASTAÑO DE INDIAS, *Aesculus indica, Aesculus hippocastanum.* Este árbol ha sido importado del Asia hace tres siglos próximamente para adornar los paseos y jardines de Europa con sus frondosas copas formadas de hermosas hojas digitadas, cortadas en cinco ó siete puntas y con los grupos ó racimos que forman sus flores; el fruto consiste en castañas relucientes encerradas una ó dos á la vez en una gruesa cubierta llena de puntas ó espinas. Dedicado generalmente como se ha dicho al adorno, se corta este árbol ya caduco cuando su madera se halla en malas condiciones de aprovechamiento, por lo que es difícil entonces emplearla en obras de carpinteria. La madera tiene un color blanco y es fibrosa, bastante dura, quebradiza, alabeándose con facilidad. Su densidad se halla comprendida entre 0'51 y 0'68

CAPITULO IV

MADERAS FINAS Y EXÓTICAS

Muchas son las especies que pueden figurar en esta seccion perteneciendo cada una de ellas por sus cualidades parecidas á una ó más de las tres secciones anteriores. Las maderas que se describen á continuacion se emplean generalmente en obras de ebanistería, maquinaria, torno y análogas, ya por ser escasas ó exóticas muchas de ellas, ya por alcanzar otras pequeñas dimensiones para poder ser empleadas en grandes construcciones; pero utilízase la mayor parte en obras accesorias y auxiliares de toda clase de construccion, especialmente de edificios, buques, máquinas, etc. Algunas de ellas se obtienen de dimensiones suficientes para labrar grandes piezas, y se emplean de esta manera en el pais que las produce por su abundancia, baratura y facilidad de transportarlas hasta el pié de obra. Se distinguen en general las maderas de esta seccion por su grano fino y apretado que las hace muy compactas, por su dureza y por su densidad; admiten casi todas pulimento y presentan despues de labradas hermoso aspecto por la variedad de sus colores, aguas y veteados, conservándose muchos años en virtud de su calidad y de los barnices con que se acostumbra revestirlas casi todas. En la construccion de puertas, ventanas, artesonados, revestimientos, muebles y demás obras en que figuran las maderas finas, se combinan éstas aprovechando las notables diferencias de colores y aguas, que las distinguen entre sí, dando á conocer el ebanista su buen gusto y conocimientos en la construccion de los muebles ú otros trabajos de la misma índole que ejecuta, los que aumentan considerablemente en valor cuando el tallista ó el escultor los convierte en obras artísticas. Para mayor facilidad se colocan en esta seccion las maderas por órden alfabético debiendo advertir que sólo figuran á continuacion las más notables ó conocidas.

Ababuy. Ciruelo espinoso silvestre que se encuentra en las Antillas. Este árbol crece hasta unos siete metros, presentando la corteza del tronco un color gris oscuro; las ramas se elevan muy agrupadas y cubiertas

de bastantes espinas; las hojas, que tienen una forma ovalada y se encuentran arrolladas, son vellosas por la cara superior con fuertes nervios por la inferior. El color de la madera es amarillo, claro, veteado de rojo, el tejido leñoso está formado por apretadas y delgadas fibras que lo hacen muy compacto, resultando la madera muy fina y dura, y siendo susceptible de adquirir hermoso pulimento, pudiéndose emplear con ventaja en trabajos de carpinteria y ebanisteria. Suele esta madera perder con el tiempo el color, y para evitarlo se hace hervir con lejia de potasa antes de pulimentarla.

ACANA. Diferentes variedades se conocen en América de esta especie; la que se cria en la Isla de Cuba eleva su tronco hasta diez metros, teniendo en la base un perímetro de cerca de dos y medio. La madera recien cortada presenta un color morado claro, que se oscurece á medida que aquella envejece, siendo muy compacta, dura y poco flexible. Se rompe á tronco, levantando astillas largas, gruesas y cortantes. Con el cepillo se obtienen virutas poco enroscadas, ásperas y cortas. En carpinteria se emplea en vigas y otras piezas cuando tiene dimensiones suficientes; en construccion naval se aprovecha para barras de cabrestante, forros de bodega, carlingas, etc.; se construyen con ella ruedas de cureñaje y cabillas ó pernos-pasadores para la artilleria, utilizándose muy bien en el torno. Otra variedad de esta especie se encuentra en el continente Americano, cuya madera tiene un color verde oscuro y es tambien muy dura y porosa, pero flexible, por lo que los indios construyen con ella arcos para arrojar flechas, siendo tambien susceptible de pulimento.

ACEBO, Agrifollo. Figura este árbol entre las *Tetrandria tetraginia* de Linneo, encontrándosele en la mayor parte de las comarcas de Europa, en toda clase de terrenos, pero prefiriendo los montañosos. Es de hoja perenne, siendo estas brillantes y armadas de espinas; sus escasos frutos son medicinales. Su madera es blanca con el corazon negruzco; el grano es muy fino, resultando la madera muy compacta y dura, admitiendo hermoso pulimento, siendo muy semejante al marfil, y amarilleando como éste á medida que envejece y hasta lo puede sustituir; admite tambien un buen color negro, pareciéndose entonces al ébano. Esta madera por su dureza es algo difícil de trabajar con el cepillo, cuyo hierro debe estar bastante derecho y muy afilado; generalmente se labra y pulimenta con el de dientes y cuchilla. Se emplea especialmente en ebanisteria para embutir. Esta madera tiene una densidad media de 0'75.

ACEITILLO. Pertenece á las *Diandria monoginia* y se le conoce tambien con el nombre de *Doradillo*. En Puerto-Rico existen tres variedades que se elevan á bastante altura; presentando la copa una forma piramidal compuesta de ramas delgadas con hojas semejantes á las del olivo, las cuales son de un hermoso verde por la cara superior más claro por la inferior, el fruto consiste en una especie de aceituna. La madera es de un hermoso color amarillo dorado, sombreado por tintas más oscuras que forman unas aguas muy agradables, empleándose en la ebanisteria y en el torno, admitiendo un fino pulimento. Una variedad cuya madera tiene el color amarillo algo rojizo se conoce con el nombre de *madera de mármol*. En el Brasil se da el nombre de *palo satin* á otra variedad que presenta el color de un amarillo pálido.

ACEROLO, *Cratægus azarolus*. Este árbol abunda en Europa y crece su tronco cerca de 14 metros, tomando el conjunto de sus ramas, que son espinosas, una forma esférica; las hojas son ovaladas, agudas y algo dentadas, ostentando en la cara superior un color verde oscuro, algo más claro por la inferior; las flores son grandes, reunidas, de color blanco y rosa, dando el fruto redondo, rojo y de un diámetro de unos dos centímetros, de sabor algo ácido y agradable.

La madera tiene un color rojizo y es de grano muy fino, bastante compacta, siendo susceptible de buen pulimento; se emplea en varios trabajos de ebanisteria, especialmente en la fabricacion de la maquinaria de los pianos.

ACOMAS. Es originario de las Antillas y figura entre las *Icosandria pentaginia*. Su tronco alcanza una regular altura. Las hojas son lisas y largas; produce un fruto parecido á una manzana de pequeño tamaño. La madera tiene un color rojo oscuro y es muy dura y compacta, de grano finísimo, siendo susceptible de excelente pulimento. Se emplea en carpinteria y en construccion naval, siendo muy apropósito para trabajos delicados de ebanisteria, y empleándosela con especialidad para embutir.

ACRÁS. Pertenece á la misma familia que el anterior y es una especie de peral silvestre. El tronco es recto y alcanza una altura de cerca de 18 metros, presentando una corteza lisa que es toda rojiza cuando jóven, y adquiere unas manchas grises en su vejez. Tiene las ramas gruesas y armadas de espinas, las hojas son pediculadas y algo dentadas. Produce flores blancas en grupos de 5 ó 6 y un fruto de color verde muy menudo. La madera tiene un color rojo y es muy dura, pesada, compacta, de grano muy fino, por lo que admite excelente pulimento, construyéndose con ella muebles y demás objetos de ebanisteria, así como obras de torneria. Tiene gran aplicacion en maquinaria para hacer tornillos, engranajes, dientes de ruedas, cilindros y otras diferentes piezas.

ADATODA. Nogal abortivo de Malabar que se halla tambien en la América Septentrional, donde alcanza su tronco una regular altura. Tiene las hojas ovaladas, largas y dentadas; produce una nuez muy dura, cuya cáscara es muy leñosa. La madera tiene el color muy semejante á la del nogal de Europa, reuniendo parecidas circunstancias en su calidad, dureza, densidad, etc., por lo que se la emplea en idénticos usos que aquella en carpinteria y ebanisteria.

ADELFA, *Nerium oleander*. Procede del Asia y se ha aclimatado en Europa, dónde su tronco sólo llega á una altura de poco más de tres metros. Produce una madera correosa que se emplea en trabajos de torno y en la fabricacion de sillas.

AGNACATO. Arbol de América que figura entre las *Icosandria monoginia* y es parecido al peral, creciendo cerca de 7 metros su tronco, cuya corteza, bastante lisa, tiene un color verde rojizo. Sus hojas son elípticas y las flores son blancas y grandes. El fruto consiste en una especie de pequeña pera amarillenta por el exterior y que es interiormente roja, verdosa ó blanca. La madera tiene un tinte rojo y es muy dura, compacta, de grano fino, susceptible de pulimento, empleándose en la ebanisteria, en el torno y en otros varios usos.

AGUAPA. Arbol de la India que figura entre las *ebenáceas* y cuyo tronco llega á tener una altura regular. Una variedad tiene la madera de color negro y otra de amarillo gris, siendo en ambas, dura, pesada, compacta, lustrosa y admitiendo buen pulimento, por lo que se aprovecha en trabajos de ebanisteria.

AHATE. Crece en la China elevándose su tronco unos 10 metros. Su madera tanto en el color como en las demás condiciones, se parece á la del nogal comun, dándosele un empleo parecido á la de este.

ALADIERNA. Ramno, Palo de bañon. Es un arbusto que crece unos 2 metros y cuyas ramas se cubren de unas hojas largas y de punta elíptica. Produce muchas pequeñas flores blancas y aromáticas así como unas bayas pequeñas, negras y pegajosas cuando llegan á su madurez. Su madera presenta el aspecto de la de encina, aunque su grano es más fino, es muy dura y compacta, siendo muy apreciada para hacer tornillos y roscas de madera, cabillas, escálamos y clavijas para las embarcaciones de remos.

ALANGUILAN ó Alanquilan. Arbol de la China de madera excelente para carpinteria, ebanisteria, torneria y otros usos; pero la cual sólo se emplea en aquel pais para extraer de ella una esencia de un delicioso aroma que tiene varias aplicaciones.

ALARGUEZ. Es un arbusto espinoso del Cabo de Buena-Esperanza, que crece unos 3 metros, teniendo sus hojas muy menudas colocadas en hacecillos á lo largo de las ramas y del tronco. Su madera es de un color rosa claro, aromática, dura, compacta, de grano muy fino y adquiere un hermoso pulimento, dejándose labrar perfectamente. Se emplea en obras de ebanisteria y torno, siendo muy buscada por los tallistas y escultores á causa de sus excelentes condiciones.

ALASIA. Arbol frondoso y cuyo tronco alcanza grande altura en las costas de Mozambique. Su madera, muy oscura de color, es compacta, dura, empleándose en toda clase de obras de carpinteria, ebanisteria y torno, consiguiéndose piezas de bastantes dimensiones.

ALBARICOQUERO, *Prunus armeniaca*. Este conocido árbol es originario del Asia y se ha aclimatado en Europa, alcanzando su tronco mediana altitud: sus diferentes variedades se cultivan todas en España. Las hojas son largas ovaladas, en forma de corazon, lisas y dentadas en su periferia; da unas flores blancas y sencillas; su agradable fruto es bien conocido. La madera de un color amarillo veteado es bastante compacta y de grano fino, teniendo muy buen aspecto. Se emplea en ebanisteria segun lo permiten sus dimensiones.

ALINTATAO, *Diospyros philoshantera*. En las Islas Filipinas se encuentran algunas variedades de este árbol de la familia de las *Ebenáceas*, particularmente en Luzon y Visayas. Este árbol es de bastante magnitud, pues llega á una altura de 20 metros y una circunferencia de dos metros y medio en la base del tronco: las hojas son alternas. La madera tiene un color rojizo con machas negras y es dura, compacta, de textura igual y suave; las fibras son largas y apretadas, y los poros muy pequeños. Se rompe en astilla corta y la viruta es pequeña, fina y un poco enroscada. Suele emplearse en construcciones pues se consiguen piezas de buenas dimensiones, pero se encuentran sólo ejemplares aislados de este árbol en los bosques, y por las excelentes cualidades de su madera se dedica generalmente ésta á la construccion de muebles finos. Su peso específico es de 0'91.

ALMENDRO, *Amigdalus communis*. Abundan en Europa diferentes variedades de este árbol que crece bastante y se distingue por florecer muy temprano y dar gran profusion de flores. Su conocido fruto es muy apreciado y objeto de gran comercio, tanto por su buen gusto como por el aceite que de él se extrae, siendo esta la causa de que pocas veces se aproveche la madera del árbol, puesto que este se corta generalmente cuando produce poco fruto ó sea cuando llega á su decrepitud. Su madera, de un color parecido al palo de rosa, es veteada, dura, compacta, de grano muy fino, que admite excelente pulimento, pudiendo competir con las mejores que se emplean en ebanisteria, torno y trabajos análogos.

Con el nombre de *Almendro* se conoce en la Isla de Cuba un árbol que crece más de 20 metros y alcanza un perímetro de unos dos metros y medio en la base del tronco. Su madera tiene un color amarillento y es dura, compacta y flexible. Se rompe verticalmente en fibras largas y delgadas, resultando sus virutas largas, suaves y enroscadas. Produce piezas de buenas dimensiones que se emplean en construcciones, sirviendo tambien para fabricar mangos de herramientas y piezas de maquinaria. Su peso específico alcanza á 1'10.

AMARANTO. Con este nombre se conoce en la América del Sud un árbol que crece bastante y produce una madera de un color

morado bastante dura y compacta, de poros irregulares desigualmente distribuidos, pero admitiendo pulimento. Es excelente para obras de ebanisteria y torno.

ÁMBARO DE LA INDIA. Es un árbol parecido al nogal, siendo sus hojas semejantes á las de éste, aunque de un color algo más claro; su flor es pequeña y blanca; produce un fruto del tamaño de una nuez con un aroma parecido al del ámbar. Su madera tiene el mismo color y cualidades parecidas á la del nogal, siendo empleado por lo tanto como aquella en ebanisteria y obras semejantes.

AMBOINO. Se produce este árbol en la Isla de Amboina y alcanza grandes dimensiones. Su madera es de un color amarillo rojizo con vetas algo más oscuras, que producen hermosas aguas; es dura, muy compacta, de grano bastante fino, y admite pulimento, empleándose en ebanisteria y trabajos de torno.

AMIQUI. Arbol de la Isla de Cuba, que se eleva cerca de 10 metros, adquiriendo el tronco de la base un diámetro de unos ochenta centímetros. Su madera tiene un color morado oscuro y es dura, compacta y poco flexible; se rompe oblícuamante, el cepillo le saca virutas largas, ásperas y enroscadas. Se emplea en ruedas y piezas de carreteria. Su peso específicó es próximamente de 1'16.

ANACARDO. Arbol que se produce en Asia, especialmente en la China, figurando en la familia de las *Terebintáceas*. Alcanza grandes dimensiones, la corteza de su tronco tiene un color de ceniza, las hojas que son grandes, están sembradas de pelillos, el fruto es blando y acorazonado. La madera tieun color rojo pardusco y es muy dura, compacta, fácil de trabajar con toda clase de herramientas, por lo que se emplea en carpinteria, ebanisteria y en el torno, siendo tambien apreciada por los tallistas y escultores.

ANTÍPOLO. *Artocarpus incisa*. Crece hasta unos 20 metros este árbol en las Islas Filipinas, desarrollándose á proporcion su tronco. Su madera es amarillenta, variando entre el color de canario y el dorado tostado pardusco, sembrado algunas veces de manchas claras; su textura es estoposa, viéndose los poros muy bien señalados; es ligera y se rompe en astilla larga, sacando el cepillo virutas bastantes finas, compactas y enroscadas. Se emplea algo en carpinteria y ebanisteria, pero su principal aplicacion es á la construccion naval, siendo muy buscada para canoas y otras embarcaciones menores por su ligereza. Tiene un peso específico próximamente de 0'59.

AZUFAIFO. Arbol de la familia de las *Ramneas* que crece unos siete metros, desarrollándose el tronco bastante tortuoso, así como las ramas que se inclinan al suelo y están llenas de espinas pareadas y largas; las hojas son pequeñas y lustrosas; el fruto de color rojo exteriormente tiene la pulpa amarilla y es pequeñito y de forma ovoidea, siendo su sabor muy dulce, aprovechándose en medicina. La madera tiene el durámen de un color rojo brillante y la albura blanca amarillenta; es muy dura, compacta, de textura muy fina y muy elástica, por cuyas cualidades es muy apreciada para ebras de ebanisteria, empleándose especialmente en la construccion de arcos para violin.

BALATAS ROJO, Madera de capuchino. Es un árbol de primera magnitud que se encuentra en América, especialmente en Cayena. Su madera tiene un color parecido al de la caoba, con vetas oscuras, formando el conjunto hermosas aguas, siendo dura, compacta, con poros muy apretados, admitiendo hermoso pulimento, por lo que compite con la caoba, y tiene iguales aplicaciones que ella. Otra variedad es el *Balatas blanco*, cuya madera tiene un color blanco súcio, y no es tan apreciado, ni tiene las aplicaciones que el anterior.

Balibago, *Hibiscus tiliacus*. Es un árbol pequeño de las Islas Filipinas, cuyas hojas tienen unos 14 centímetros de longitud. La corteza es tan consistente y flexible que se emplea en la fabricacion de cuerdas y de papel. Su madera se emplea en piezas de maquinaria, fabricándose tambien con ella carbon para hacer pólvora. Su peso específico es sólo de 0'46.

Bálsamo. Arbol de las Antillas españolas que crece cerca de 7 metros, llegando á tener el tronco cerca de un metro de diámetro. Su madera tiene el color blanco-amarillento y es dura, compacta y resistente. Se rompe verticalmente en fibras muy delgagadas y de tamaño regular. Su viruta es larga, suave y enroscada. Se emplea en construcciones civiles, en el torno, en mangos de herramientas y en obras hidráulicas. Su peso específico es de 0'91.

Banaba. *Lagerstrœmia speciosa*. Tambien se cria en las Filipinas este árbol que crece hasta 12 metros, distinguiéndose por sus hermosas flores rojas. Su madera tiene un color blanco rojizo agradable y es muy tenaz, de fibras largas y comprimidas, poros en forma de pequeñas grietas, rompiéndose en astilla corta y siendo su viruta áspera, porosa y poco enroscada. Se emplea en toda clase de obras y construcciones civiles y navales, conservándose muy bien en el agua. Existe otra variedad llamada blanca, cuya madera es más ordinaria y de calidad inferior. Ambas tienen un peso específico de 0'78 próximamente.

Bancal ó Bangcal, *Nauclea glaberrinia*. Arbol de Filipinas muy frondoso que crece unos 10 metros y su tronco llega á tener un diámetro de 70 centímetros, sus hojas son ovaladas y largas y sus flores son hermosas. La madera tiene un color amarillo de oro ó amarillo-verdoso, su textura es algo estoposa con poros poco visibles y las fibras largas rompiéndose en astillas prolongadas. Su viruta es fuerte, algo áspera y enroscada. Esta madera es muy tenaz y de gran duracion, empleándose en construccion civil como madera de sierra y tambien en armaduras; sirve tambien para construir canoas y otras embarcaciones menores, toneles, muebles y otros objetos. Su peso específico es de 0'52.

Bansalagui. Este árbol es de primer órden en las Islas Filipinas. Su madera tiene un color blanco rosado con manchas cenicientas ó bien rojo-claro liso; su textura es compacta, viéndose los poros que son muy pequeños; es fibrosa y se rompe en astilla larga. Se distingue esta madera por su gran resistencia y elasticidad, lo que la hace muy apreciada para toda clase de construcciones, pudiéndose obtener en ella piezas de buenas dimensiones. Su peso específico es de 0'68.

Baría. En la Isla de Cuba crece este árbol más de 13 metros, llegando á tener su tronco unos 80 centímetros de diámetro. Su madera tiene un color ceniza-claro con vetas blancas y es correosa, de regular dureza rompiéndose verticalmente en fibras delgadas; la viruta resulta larga, suave y enroscada. Se construyen con esta madera cajas de fusil, palancas, barras y otras piezas de maquinaria; en construccion naval se emplea para forros y pisos de embarcaciones. Su peso específico llega á 0'84.

Betis, *Azaola betis*. Se cria este árbol tambien en Filipinas y no alcanza grandes dimensiones. Su madera tiene un color rojo-tostado ó rojo-morado, con vetas más claras y pardo-cenicientas algo rojas, es muy compacta y dura, distinguiéndose poco los poros; es quebradiza, rompiéndose á tronco. Tiene excelentes cualidades y se emplea en toda clase de obras, pero su aplicacion especial es para quillas de buques cuando se logra de dimensiones suficientes. Su peso específico es de 0'72.

Bitoc. Arbol de Filipinas cuya madera es de un color de rosa muy igual; su textura es bastante compacta, fuerte, con fibras

largas y poros poco visibles; al romperla á tronco se resquebraja. Su viruta es fina, fuerte y poco enroscada. Resiste bien á la tension y se emplea en varios usos. Su peso específico es de 0'71.

BOJ, *Buxus semper virens*. Se le conoce generalmente en forma de arbusto, pero en buenas condiciones de vegetacion puede llegar á ser un árbol de unos 8 metros de altura. La corteza del tronco es amarillenta y arrugada. Este árbol es de hoja perenne siendo ésta de un hermoso verde, lisa, coriácea y con poco nervio, produciendo un olor fuerte y característico. Su madera tiene un bonito color amarillo jaspeado y es pesada, resistente, dura y muy compacta, de grano fino, admitiendo perfecto pulimento. Se emplea en toda clase de obras en que sea necesaria una gran resistencia; la maquinaria tiene en ella un grande auxiliar pudiendo hacerse tornillos, engranajes y otras piezas, ofreciendo un suave rozamiento á los ejes de hierro ó cobre, y pudiendo suplir para este uso á la madera de guayaco y hasta al cobre. En el torno se fabrican con el boj toda clase de objetos y utensilios, vasos, copas, mangos de herramientas, etc. Los grabadores lo emplean para formar láminas, construyéndose tambien de boj las reglas, cartabones y escuadras para delinear, estuches y otros mil objetos diversos, siendo innumerables las aplicaciones de esta madera. Su densidad llega á 1'33.

BOLONGITA, *Diospyros pilosantera*. Es árbol muy comun en Filipinas. Su madera es muy parecida á la del *alintatao*, conociéndose diferentes variedades cuyo color varia entre rojo claro y rojo oscuro, todas veteadas ó manchadas de negro. Su textura es sólida y compacta, distinguiéndose poco los poros; se rompe en astilla corta, y la viruta resulta fina, correosa y ondulada. Se emplea en toda clase de construcciones civiles y navales, así como tambien en ebanisteria. Su peso específico es de 0'79.

BONETERA. Es un arbusto que figura en la familia de las *Pentandria monoginea*. Su madera de un color blanco amarillento es bastante dura, flexible y compacta, de grano fino, empleándose en varios usos, entre ellos para formar metros y otras medidas que despues se tiñen de amarillo fuerte. Con esta madera se fabrica el lápiz-carbon de los dibujantes y pintores, sirviendo tambien este carbon para fabricar pólvora.

CALANTAS. *Cedrela odorata*, Cedro de Filipinas. Abunda este árbol en el Archipiélago y alcanza grandes dimensiones, llegando á tener cerca de 40 metros de altura y más de un metro de diámetro su tronco. La madera es aromática y segun la variedad tiene un color rojo claro, rojo de ladrillo, morado ó rosa ceniciento. Le textura es algo floja y ordinaria, siendo los poros muy visibles con grietas transversales; se rompe á tronco y en astilla corta, dando una viruta lisa, fina y algo enroscada. Se emplea en la construccion de canoas y otras embarcaciones menores, así como tambien en cajoneria fina y envases de tabacos de precio. Su peso específico es de 0'56.

CAMAGON, *Diospyros discolor*. Este árbol de la especie del *alintatao* crece unos 20 metros en las Filipinas. Su madera, de color negro, con estrechas vetas amarillentas ó pardas con manchas negras, tiene una textura muy compacta, poros poco visibles y fibras largas y apretadas: se rompe casi á tronco y produce virutas homogéneas, ásperas y rectas. Admite excelente pulimento y por su hermoso color es muy apreciada para trabajos de ebanisteria. Su peso específico alcanza á 1'15.

CAMAYUAN. Este árbol alcanza en Filipinas una altura de 20 metros, siendo muy abundante en Luzon, Bataan y Mindoro. La madera segun la variedad tiene el color rojo-claro, rojo-fuerte, rojo-tostado, rojo-morado, veteado de diversos colores, siendo tambien variable la textura, aunque por lo

general es fuerte y suave, con poros más ó menos marcados y fibras largas y apretadas; se rompe casi á tronco dando una viruta fina, unida y poco enroscada. En construcciones se emplea para marcos y en tablazon. Su peso específico es de 0'79.

CAMUNING, *Connarus santaloides*. Sólo crece unos 5 metros este árbol, en Filipinas. La madera tiene un color amarillo claro ó de ocre liso, con vetas onduladas y manchas oscuras; es muy dura, compacta y de gran resistencia, admitiendo muy bien el pulimento, por lo que tiene un empleo preferente en ebanisteria hasta donde alcanzan sus escasas dimensiones.

CANCHÍ. Este árbol se produce en el Japon pareciéndose su madera, que es blanca y bastante dura, á la del acebo, distinguiéndose apenas los poros, que son finos y apretados. Se emplea esta madera en piezas de ebanisteria especialmente para embutir. En el Japon se usa la corteza de este árbol como papel para escribir.

CEREZO, *Cerasus*. Muchas son las variedades de esta especie que se encuentran en todas partes, creciendo alguna en América considerablemente; en España se ven ejemplares de más de 8 metros de altura con una diámetro de 70 centímetros en la base del tronco. La madera de este árbol tiene un hermoso color rojo-claro y es dura, compacta y bastante ligera, debiendo emplearse cuando está perfectamente seca á fin de que no se alabee ni raje. Puede dar piezas de buenas dimensiones para construcciones, pero su empleo principal es para la ebanisteria y torno, admitiendo muy buen pulimento; tambien tiene aplicacion á la fabricacion de instrumentos y objetos finos. Su peso específico es de 0'72.

CHICHARON. Arbol de las antillas que crece unos 9 metros con unos 42 centímetros de diámetro en la base del tronco. La madera es de color ceniciento, dura, poco elástica; se rompe oblícuamente en fibras largas y torcidas dando una viruta larga, suave y enroscada. Se emplea en construccion naval para curvas, empleándose en diferentes usos de carpinteria de taller. Su peso específico es de 0'83.

CIRUELO, *Prunus doméstica*. Existen diferentes variedades de este árbol, que es de regular tamaño. Su madera es rojiza con vetas más oscuras, siendo dura, compacta, satinada y admitiendo muy buen pulimento. A fin de que no pierda su color, se hierve esta madera, que se emplea en ebanisteria, con agua de cal ó lejia de ceniza. Debe emplearse muy seca. Su peso específico suele ser de 0'79.

CODESO, *Citisus*. Algunos árboles de esta especie, como el Codeso de los Alpes, crece más de 8 metros, empleándose generalmense para adorno de parques y jardines por la hermosura de sus flores y follaje. Para que la madera resulte buena, es preciso que el árbol se crie en terreno seco montañoso, dándola entonces dura y compacta, de excelentes condiciones para la ebanisteria y torno; pocas veces se obtiene de grandes dimensiones, tanto por el tamaño del árbol, como por ser generalmente bastante torcido su tronco.

DINGLAS, *Bucida comintana*. En varias islas del Archipiélago Filipino se encuentran algunos ejemplares de este árbol, que crece bastante. Su madera tiene un color rojo-ceniza ó rojo-pardo y es de textura fina, con vasos delgados, dura, bastante compacta y pesada; difícilmente la atacan los insectos. Tiene muy buen empleo en carpinteria y en construccion naval.

DONGON, *Stercuria cymbiformis*. Arbol de primer órden y muy abundante en Filipinas. Su madera tiene un color rojo-morado y olor semejante al del cuero; la textura es compacta con fibras apretadas y entrelazadas, distinguiéndose poco los poros; se rompe á tronco y á hilo dando una viruta unida, áspera y poco enroscada. Esta madera es

difícil de labrar, pero tiene gran duracion, empleándose en grandes piezas de construccion: en carpinteria naval sirve para quillas, baos y otras piezas. Su peso específico es de 0'83.

EBANO, *Ebenus Cretea*. Se conocen muchas variedades de este árbol, dando la madera mas apreciada el que se cria en Madagascar, así como tambien el de la isla de Cuba. Alcanza este árbol una altura de unos 8 metros y un diámetro de 50 centímetros en la base del tronco. Su madera es de color negro teniendo más valor cuanto más intenso é igual; su textura es muy fina y sólida, compacta, vidriosa; se rompe oblícuamente en astillas y fibras cortas; produce una viruta pequeña; áspera y poco enroscada. Se emplea en obras finas de ebanisteria y en instrumentos de música, adquiriendo un hermoso pulimento. Su peso específico es de 1'14.

El Ebano de Filipinas ó *Luyong*, *Diospyros nigra*, tiene su madera parecida á la del anterior y se emplea en la misma clase de obras, siendo su peso específico de 1'15.

En el Brasil se encuentra el *Ébano de Portugal*, llamado *Biñon*, cuyo durámen es de un verde oliva oscuro, sembrado de manchas claras; la madera es muy dura, fácil de labrar y de pulir, empleándose en ebanisteria.

FUSTETE. Arbol de la Isla de Cuba cuyo tronco llega á tener cerca de diez metros de altura y más de tres metros de circunferencia en la base. Su madera tiene un color amarillo que se oscurece con el tiempo y es poco dura y algo flexible; se rompe á tronco, y produce virutas cortas, ásperas y poco enroscadas. Se emplea esta madera en carreteria, para rayos de ruedas y otras varias obras, conservándose muy bien bajo el agua Su peso específico viene á ser de 0'95.

GLANDÍFERO. Procede de la América Meridional y es parecido á la encina, dando como ésta por fruto una especie de bellotas. Su madera es semejante á la de dicha especie, aunque de grano más fino y más suave al tacto, empleándose en la misma clase de obras que aquella.

GRANADILLO. Abunda en América, especialmente en Cuba, donde el tronco alcanza una altura de unos seis metros y como treinta centímetros de circunferencia. Su madera, muy oscura y veteada, casi negra, es dura, compacta, áspera y vidriosa; se rompe oblicuamente y su viruta es áspera, larga y poco enroscada; y se deja labrar y pulimentar perfectamente. En ebanisteria tiene esta madera el mismo empleo que la de ébano y es muy apreciada para construir instrumentos de música. Su peso específico es de 1'11.

GUAMACA. En las Antillas se encuentra este árbol, cuyo tronco crece más de ocho metros y llega á tener cerca de metro y medio de circunferencia. Su madera, de un color blanco-amarillento, es dura y compacta, se rompe oblicuamente en fibras largas y gruesas, produciendo una viruta suave, larga y enroscada. Se emplea en construcciones, y su peso específico es de 0'90.

GUAMA DE COSTA. El tronco de este árbol alcanza, en la isla de Cuba, una altura de más de 16 metros y cerca de tres y medio de circunferencia. Su madera tiene un color de ocre con manchitas negras, y es compacta y dura, rompiéndose oblicuamente; produce una viruta corta, áspera y enroscada. Tiene buena aplicacion en construcciones, conservándose muy bien en el agua. Su peso específico es de 1'02. La madera del *Guama bobo* es blanca y de peores condiciones; por lo que tiene poca aplicacion, sirviendo sólo para hacer mangos de herramientas.

GUARANA. Se halla este árbol en la América del Sur. Su madera tiene un color ceniciento oscuro, siendo su textura y cualidades idénticas á las de la de nogal, empleándose en la misma forma que ésta.

GUAYACAN BLANCO. Arbol de la isla de Cuba, cuyo tronco alcanza unos diez metros de altura y una circunferencia de dos metros.

Su madera es compacta, pura y poco elástica; se rompe oblicuamente y da la viruta corta, áspera y muy enroscada. Tiene muy buenas condiciones para toda clase de construcciones por su resistencia, especialmente á la presion; y se emplea tambien en carreteria. Su peso específico es de 1'17.

GUAYACAN NEGRO. Tambien se produce en Cuba, alcanzando su tronco dobles dimensiones que el anterior. Su madera tiene un color pardo-oscuro, con vetas claras, y es dura y quebradiza, rompiéndose á tronco; el cepillo produce serrin en vez de virutas, siendo tal su dureza y resistencia, que á veces rechaza los clavos. Se emplea en construcciones de varias clases y en particular en el agua. Su peso específico es de 1'29.

GUAYACO, *Guayacum Oficinalis*. Se encuentra este árbol en diferentes partes de América y en Filipinas, figurando entre los de primer órden, siendo su tronco poco recto, con la corteza pardusca, dura y quebradiza; produce las flores de color blanco en racimos y un fruto parecido á la aceituna. Su madera es de un color amarillo-negruzco, muy dura, fuerte, algo aromática y un poco amarga y acre, teniendo aplicacion en la farmacia por sus propiedades medicinales. Se resiste á las herramientas de filo, siendo difícil de labrar, trabajándose mejor en el torno. Se emplea en maquinaria, en muebles, en poleas y espeques, siendo muy grande su tenacidad y resiatencia, por lo que es muy apreciada. Su peso específico es de 1'23.

GUIJO, *Dipterocarpus guiso*, Guisoc. En Filipinas es un árbol de 2.° órden, muy abundante en aquellas islas, encontrándose algunos ejemplares de tamaño colosal. Su madera tiene un color rojizo-claro ó rojo-ceniciento notándose los poros muy señalados y numerosos, la fibra fuerte, correosa y ondulada con radios medulares muy visibles; se rompe en astilla larga, siendo su viruta áspera y bastante enroscada. Todas las variedades de esta especie producen una madera muy apreciada para toda clase de construcciones civiles y navales, carreteria etc. Su peso específico pasa á veces de 0'70.

GUIRA. Este árbol crece en la isla de Cuba llegando á tener su tronco una altura de cerca de seis metros y un diámetro de cincuenta centímetros. Su madera tiene un color blanco-oscuro y es blanda y elástica; se rompe oblicuamente y produce la viruta corta, áspera y poco enroscada. Con esta madera se construyen moldes para fundicion, fustes de sillas de montar, hormas de zapatero etc. Su peso específico es de 0'45.

HOJA-MENUDA. En la isla de Cuba se encuentra este árbol cuyo tronco alcanza una altura de más de ocho metros y cerca de tres de circunferencia. La madera es de color morado y compacta, áspera y quebradiza; se rompe oblicuamente y por igual, produce la viruta poco larga, áspera y enroscada. Se usa esta madera en construcciones. Su peso específico llega á ser de 1'15.

JÁNASÍ. Arbol de Cuba, cuyo tronco tiene unos diez metros de altura y dos de circunferencia. La madera tiene un color rojizo, siendo compacta, blanda, algo elástica; se rompe á tronco y su viruta es larga, suave y enroscada. Tiene mucha duracion al aire libre y se emplea especialmente en ebanisteria. Los insectos la atacan. Su peso específico es de 0'59.

JATIA. Tambien se halla en Cuba este árbol, cuyo tronco llega á tener más de ocho metros de altura y uno y medio de perímetro. Su madera es correosa; se rompe oblicuamente en fibras largas y delgadas, dando viruta suave, larga y enroscada; se emplea en obras finas. Su peso específico llega á ser de 1'03.

JIQUE. Se encuentran diferentes variedades de esta especie en la isla de Cuba, su tronco crece hasta diez metros, teniendo algun árbol gran perímetro en su base. El color de la madera recien cortada es pardo claro y se oscurece con el tiempo, siendo compacta

y fuerte; se rompe á tronco y en astillas menudas: la viruta es corta, áspera y enroscada. Se emplea en construcciones en obra gruesa, en carreteria para cubos de ruedas y otras piezas. Peso específico 0'87.

Jiqui de ley, Arbol de la isla de Cuba, cuyo tronco puede tener unos diez metros de altura y dos de circunferencia. La madera tiene un color morado oscuro con vetas negras, siendo dura y compacta; se rompe oblícuamente, y su viruta es áspera y corta. Puede emplearse en construcciones, y su peso específico es de 1'13.

Laben. Este árbol alcanza gran altura en la isla de Madagascar, encontrándosele en los bosques y en lo orilla del mar; produce un fruto comestible de forma parecida á la aceituna. Su madera es de un color de púrpura rojizo y es muy dura y compacta, de textura fina y poros muy apretados, admitiendo perfecto pulimento. Se emplea mucho en construcciones en aquel pais, pudiendo emplearse en obras de ebanisteria y en otros trabajos parecidos por sus buenas cualidades.

Laburnera. Arbol que se encuentra en les Alpes, distinguiéndose por sus grandes flores. Su madera es muy blanca, dura, compacta, de grano muy fino, susceptible de buen pulimento, siendo muy apreciada en ebanisteria, especialmente para embutir.

Lanete, *Anasser laniti*, Laneti ó Laniti. Es un árbol muy abundante en algunas islas del Archipiélago Filipino, considerándosele de segundo órden por sus dimensiones. La madera tiene el color blanco y es compacta, fina, elástica, de textura muy suave, con poros poco visibles; se rompe en astilla larga, y su viruta es fina, unida y enroscada. Generalmente se emplea esta madera en ebanisteria, especialmente en la fabricacion de sillas. Su peso específico pasa de 0'50.

Lanutan, *Unona latifolia*. Se encuentra este árbol en la parte Norte de las islas Filipinas, alcanzando buenas dimensiones. Su madera es de un color rojo-claro ó blanco-rojizo, con tintas amarillentas, siendo bastante compacta, de textura fina, con vasos delgados y fibras rectas prestándose bien á la labra. En construcciones se emplea como madera de sierra, teniendo buena aplicacion en obras de ebanisteria. Su peso específico alcanza á 0'78.

Lauan ó Sandana, *Mocanera thurifera*. En las islas Filipinas se encuentran árboles de esta especie, de una altura de treinta metros y un diámetro de más de un metro en la base del tronco. Se extrae de ellos, por medio de incisiones, una goma resinosa, blanca, dura, muy aromática, que se emplea como incienso ó perfume. Su madera es de un color de ceniza con manchas pardas ó bien blanco-rojiza; su textura es floja y estoposa, de fibras longitudinales, aplastadas y poros alargados y muy marcados; se rompe á tronco y á hilo; y su viruta resulta fina y enroscada. Se usa poco esta madera en la construccion de edificios, empleándose en la naval en embarcaciones menores; antiguamente se construia de esta madera la obra muerta de los galeones, por haberse observado que en ella no levantan astillas las balas. El peso específico es aproximadamente de 0'43.

Limonero, *Citrus medica*. Este árbol adquiere pequeñas dimensiones en general, siendo su tronco poco recto, con la corteza lisa y oscura; las hojas, de un hermoso color verde, son ovaladas y terminan en punta; produce la flor blanca y su fruto bien conocido por su forma y tamaño así como por su color amarillo característico. La madera tiene un color amarillo claro y es dura, compacta, de textura fina, susceptible de hermoso pulimento, por lo que es muy apreciada para obras de ebanisteria y torno, aunque se raja con facilidad; tambien se emplea en pequeños modelos. Su peso específico es de 0'60.

Lináloe. Se encuentra este árbol en las Indias Orientales y es de una forma pareci-

da al olivo, aunque de mayores dimensiones, teniendo una corteza áspera y de color oscuro. Su madera veteada, de colores amarillo y negro, es compacta, pesada, de poros pequeños y textura fina y lisa, prestándose bien á la labra y admitiendo hermoso pulimento, por lo que, entre otros usos, tiene aplicacion á la ebanisteria. Quemándola produce un aroma especial bastante agradable.

LODOÑO, *Celtis australis*, Loto, Almez. Este árbol pertenece á la familia de las *Amentáceas,* conociéndose más de treinta especies diversas y alcanza una altura de más de diez metros; sus hojas son cortas, anchas, angulosas, dentadas y acorazonadas en su base; ostenta sus flores, que son blancas, en forma de ramilletes y produce como fruto unas pequeñas bayas de color de castaña. Su madera, de un color muy oscuro, casi negro, es muy dura, compacta, pesada y flexible; no se alabea ni tuerce; es la madera más dura despues de las de ébano y boj, admitiendo pulimento. Se emplea en varios usos especialmente en carreteria para ejes y en maquinaria para dientes de engranaje y otras piezas en las que es necesaria como principal condicion la dureza.

MABOLO, *Diospyros Embriopteris*, Malatapay, Malacapay, Talang. Arbol que en las islas Filipinas es muy apreciado por las buenas cualidades de su madera, aunque abunda poco, siendo de tercera magnitud. La madera tiene un color rojo amarillento con manchas pardo-negruzcas, concluyendo de ennegrecerse con el tiempo; su textura es muy fuerte, unida, de grano fino, admitiendo excelente pulimento; se rompe á tronco y en astilla corta. Esta madera compite con las del ébano y alintatao teniendo cualidades semejantes, empleándose por lo tanto como aquellas en la construccion de muebles finos. Su peso específico es de 0'78.

MACARECO. Este árbol es indígena del Asia, donde crece considerablemente, siendo notable porque sus raices creciendo sobre el terreno elevan el tronco, quedando debajo de éste una cavidad formada por dichas raices que simulan arcos. Su madera de un color blanco-rojizo bastante intenso, es muy compacta y unida, con poros muy finos, sin fibras ni vetas, de tacto muy suave, admitiendo hermoso pulimento, por lo que se la emplea en obras finas.

MADROÑO, *Arbutus*. Se encuentra este árbol en los Pirineos y en las provincias Vascongadas, alcanzando su tronco un diámetro de 30 centímetros, siendo de menores dimensiones en otros puntos de la península ibérica. Tiene la corteza áspera y rugosa, sus hojas siempre verdes y relucientes como las del laurel, tienen los bordes serrados de las flores en forma de ramilletes; los frutos son esféricos, de un color verde primero, y toman luego un tinte amarillo, ostentando en su madurez un hermoso color rojo característico. Este árbol tarda mucho en alcanzar su completo desarrollo; la madera se parece mucho á la del cerezo silvestre ó cornejo, teniendo un color blanco-rojizo, siendo pardo-oscuro el corazon; es muy dura, de grano muy fino, compacta y se emplea en la carpinteria de máquinas, dientes de engranaje, torneria y otros usos; hervida en agua, sirve para construir tacos para billar en combinacion con otras maderas.

MAGNOLIA. Pasan de quince las especies que se conocen de este árcol originario de América, especialmente de la Pensilvania, alcanzando algunas de ellas el tamaño y desarrollo del nogal, pero siendo mucho más elegante por la forma de su copa. Es de hoja perenne, siendo ésta grande brillante y de un hermoso color verde; sus flores son grandes, blancas y exhalan un aroma delicioso. La madera, de color anaranjado, es muy dura, de textura muy fina, muy unida y suave; se labra bien, admite buen pulimento y se emplea en toda clase de obras finas.

MAJUAGUA AZUL. Crece en la isla de Cuba

unos 17 metros el tronco de este árbol, alcanzando una circunferencia de dos y medio en su base. Su madera de un color azul-verdoso, con manchas de azul-oscuro, es correosa y se labra bien; se rompe á tronco y da una viruta larga, suave y enroscada. Se emplea en la construccion civil y naval, así como en carreteria, fabricándose con ella diversos objetos como cajas de fusil, muebles, etcétera. Su peso específico es de 0'93.

MAJAGUA DE CUBA. El tronco llega á tener unos diez metros de altura y unos cinco de circunferencia. Su madera tiene un color amarillento con vetas moradas y es dura, compacta, fuerte y poco elástica; se rompe oblícuamente y hace la viruta larga, áspera y enroscada. Se emplea generalmente en la construccion de edificios. Su peso específico es de 1'14.

MANGACHAPUY, *Dipterocarpus Mangachapoy*, Guison-Dilao. Arbol de primer órden de las islas Filipinas, que crece hasta veinte metros de altura, llegando á tener su tronco 80 centímetros de diámetro. La variedad más comun tiene la madera de color amarillo-ceniza, otra menos abundante la presenta con tintas rojizas; su textura es compacta, vidriosa, de fibras comprimidas y poros longitudinales; se rompe á tronco ó en astilla larga, dando una viruta algo áspera y poco enroscada. Se emplea en la construccion civil y naval, produciendo hermosos tablones para pisos. Su peso específico pasa de 0'80.

MAGLE NEGRO. El tronco de este árbol alcanza, en la isla de Cuba, unos diez metros de altura y metro y medio de perímetro. Su madera tiene un color pardo-oscuro y es compacta, dura y algo vidriosa; se rompe á tronco y produce una viruta larga, áspera y enroscada. Se conserva muy bien en el agua, por lo que se aplica á obras hidráulicas. Su peso específico es de 1'10.

MANZANO, *Pirus malus*. Muchas son las variedades conocidas de este árbol, que crece hasta más de doce metros de altura, alcanzando su tronco un diámetro de cerca de un metro; sus ramas se extienden horizontalmente cubriendo un gran espacio; tiene las hojas lisas por ambas caras y relucientes por encima en las especies silvestres; las flores se producen en forma de ramilletes de color blanco ligeramente teñidas de rosa; sus diferentes frutos son bien conocidos por su forma y gusto. Este árbol vive más de 200 años; su madera tiene un color rojizo, veteado de pardo cuando el árbol es viejo; siendo bastante dura y compacta, de contextura fina y apretada, debiendo esperar á que se seque bien para labrarla, pues cuando está verde se alabea y hiende. Es fácil de trabajar y se emplea en toda clase de construcciones, obteniéndose tablas de buenas dimensiones; tambien se usa para piezas de maquinaria y en obras finas. Su peso específico es de 0'75.

MELOCOTON, *Amygdalus persica*. Existen muchas variedades de esta especie de árbol, que alcanza poca altura, y por lo tanto las maderas que se obtienen son de cortas dimensiones, siendo su color veteado de pardo rojizo á fajas anchas, alternadas con otras algo más claras del mismo tinte. Su textura es de grano muy fino y tacto suave, admitiendo excelente pulimento, por lo que se emplea en ebanisteria, especialmente para embutir; se raja con facilidad y para evitarlo, debe aserrarse en chapa cuando está todavia verde ó fresca.

MOLAVE, *Vitex geniculata*, *Vitex Altisima*. Se conocen varias especies de este árbol en las islas Filipinas, donde abundan mucho todas ellas, alcanzando una altura de veinte metros y un diámetro de sesenta centímetros. Segun la especie, su madera presenta un color amarillo, amarillo-verdoso ó ceniciento y es de textura fuerte y compacta, homogénea, fina, de fibra apretada y poros pequeños casi imperceptibles; se rompe en astilla corta y produce una viruta muy fina, compacta, correosa y enroscada; des-

pide un olor ácido á veces y otras es inodora; tiene un sabor amargo y tiñe de amarillo el agua. Tanto á la intemperie como en el agua tiene gran duracion esta madera, por lo que se la emplea en toda clase de construcciones con preferencia á muchas otras; cuando se la toma ó empotra con mortero comunica á éste un tinte amarillo. Sus excelentes circunstancias y su abundancia le han hecho dar el nombre de reina de las maderas de Filipinas. Su peso específico es de o'82, algunas especies alcanzan el de 1'00.

NARANJO, *Citrus Aurantium*. Este árbol es de condiciones parecidas al limonero; sus hojas son de un color verde más subido que las de éste. La madera es tambien dura y admite pulimento, empleándose en obras de ebanisteria y torno. Con facilidad se alabea y raja, por lo que generalmente se emplea en piezas pequeñas. Su peso específico es de o'71.

NARRA, *Pterocarpus santalinus,* Naga ó Apalit. Arbol de primer órden, que se encuentra en la mayor parte de las islas del Archipiélago Filipino. La madera tiene un color rojo de sangre, su textura es sólida, muy vidriosa, de fibras unidas y poros muy visibles, tiene un olor agradable y admite hermoso pulimento, confundiéndose con la caoba algunas variedades, y pareciéndose á ella en el veteado; se rompe en astilla corta y su viruta es áspera, quebradiza y apenas enroscada. Puede emplearse en construcciones, pero su principal empleo es en puertas, ventanas y muebles de lujo. Su peso específico es de o'66.

NARRA BLANCA, *Pterocarpus palidus*, Narra Amarilla, Asana ó Agana. Tambien se encuentra en Filipinas este árbol, que se considera como una variedad de la especie anterior. Su madera fresca tiene un color amarillo de ocre, con vetas parduscas, y se oscurece con el tiempo, tomando un tinte amarillo pardusco. Su textura es fina, siendo sus poros menos marcados que en la madera ya citada, empleándose de la misma manera.

NATO, *Sterculia Balanghas*. Es árbol de primer órden es el Archipiélago Filipino. Su madera tiene un color rosado, con pequeñas manchas más fuertes, rojizas y hasta de un rojo de ladrillo; su textura es compacta, fibrosa, rompiéndose á tronco. Se emplea en la construccion civil y en la naval en piezas aserradas. Su peso específico es de o'58.

NÍSPERO, *Mespilus germánica*. Este árbol es una de las diferentes variedades de esta especie; cree cerca de siete metros de altura en terrenos favorables. Su tronco es muy irregular y sus ramas torcidas y espinosas, sus flores son blancas con tintas rojizas y produce frutos bien conocidos. La madera del níspero es muy dura, de grano igual y fino, teniendo aplicacion á la carpinteria de máquinas como dientes de engranaje y otras piezas: tambien se emplea con ventaja en el torno. Debe emplearsela muy seca.

OCUJE. En la isla de Cuba llega á tener el tronco de este árbol unos 28 metros de altura, y más de tres de circunferencia en su base. Su madera tiene un color amarillo de ocre, con vetas parduscas y es correosa, bastante compacta y fuerte; se rompe oblícuamente y produce una viruta larga, suave y enroscada. Se emplea generalmente en construcciones navales para mástiles y tablados, haciéndose tambien con ella piés de cábrias, manivelas, gruas, etc. Su peso específico es de o'99.

PALISANDRO. La madera de este nombre, que se trae á Europa, procede de las Guyanas (América del Sud). Tiene un color morado violeta, con vetas más claras, formando aguas á la manera de las de la caoba, y es muy dura, compacta, susceptible de hermosísimo pulimento; cualidades que le dan gran precio y estimacion, empleándose exclusivamente en obras de ebanisteria de gran lujo.

PALO-MARIA, *Calophyllum Inophyllum*, Betanhol, Dincalin ó Daucalan. Es un árbol

de segundo orden de las Filipinas, cuyo tronco crece generalmente poco recto, y da por incisión una goma resinosa titulada *Bálsamo de María*. La madera tiene un color rojo claro y es fibrosa, con poros grandes y alargados, se rompe á media madera en astilla larga y su viruta es áspera y muy enroscada. En construcción se emplea para mástiles y pisos de embarcaciones, en la civil dura poco si se halla en contacto con la cal. Una variedad cuya madera tiene el color blanco es menos apreciada que la anterior. Es muy abundante y su peso específico es de 0'70.

PALO CHINA. Procede esta madera de la China, como lo indica su nombre, conociéndose algunas variedades. Su color varía desde el rosa hasta el rojo más obscuro, formando hermosas y caprichosas aguas; es muy dura, pesada y compacta, de poros muy finos y casi invisibles, toma excelente pulimento y se labra bien, se emplea en obras delicadas de ebanistería y en el torno, combinándose perfectamente con toda clase de maderas entre las que se distingue por su belleza.

PALO DE HIERRO. Esta madera procede de América: su color es parecido al de la de palisando y es veteada. Tiene gran dureza que le ha dado su nombre, de la que participa la albura, que es muy gruesa, distinguiéndose por sus anchos poros. A pesar de su dureza no se resiste á las herramientas, trabajándose también en el torno, y tiene buen empleo para herramientas de carpintería, maquinaria, reglas, escuadras y otros útiles que exigen aristas vivas y fuertes.

PALO ROSA, *Palo de Rodas*, Balsamero, Licarin, Campanilla. Varias especies de madera se conocen con el nombre de Palo rosa procedentes de la América y de la China; en las Antillas le dan los tres últimos nombres; se distinguen todas por el agradable aroma que despiden. Generalmente esta madera tiene un color rosa brillante con vetas de amarillo rojizo y violeta que forman un precioso jaspeado; es bastante compacta y dura, con poros grandes, y admiten excelente pulimento. Se emplea en obras finas de ebanistería combinada con otras semejantes.

PANAO, *Dipterocarpus Vernicifluus*, Balao, Malapajo. Arbol de gran tamaño que se encuentra en el Archipiélago Filipino. Unas variedades tiene la madera, que es dura, de un color morado rojizo; otras de textura más floja, la presenta de un color blanco rojizo. Por incisión se extrae de este árbol una resina aromática que, metido en una caña, la emplean los naturales de aquel país para alumbrado. También produce el aceite titulado *balao* ó *malapajo*, que se da á las maderas para impedir que sean atacadas por el termita, llamado *anay* ó *comejen*, cuyo aceite se da también á la pintura al temple. Se rompe esta madera en astilla corta y su viruta es algo áspera y poco enroscada. Se emplea en construcciones civiles y navales; su peso específico es de 0'69.

PASAC, *Mimosops erythroxylon*. Es un árbol de primer orden en las islas Filipinas, cuya madera, de color blanco rojizo, es dura, compacta, tenaz, resistente y se rompe á tronco. Se emplea bastante tanto en la construcción civil como en la naval. Su peso específico es de 0'79.

PERAL, *Pirus communis*. Se conocen muchas variedades de este árbol que crece más de trece metros de altura en terreno de buenas condiciones, y cuyo tronco puede tener cerca de un metro de diámetro. El peral silvestre desarrolla sus espinosas ramas en sentido de su albura, las cuales forman la copa que tiene las tres cuartas partes de aquélla. Cuando el árbol es joven tiene la corteza lisa y rojiza, pero en su madurez es arrugada y de un gris obscuro; produce unas flores blancas en grupos de cinco ó seis y el fruto es verde, pequeño, áspero y no puede comerse como el de las especies cultivadas, en las que las cualidades de la madera se

sacrifican á la bondad y magnitud del fruto, objetivo principal del cultivador. La madera tiene un color rojizo y es de contextura fina y compacta, pesada, dura, susceptible, de buen pulimento y poco atacable por los insectos; no se raja, pero si se emplea verde se alabea, por lo que es necesario emplearla tres ó cuatro años después de cortado el árbol, si se quiere obtener buen resultado, pues se ha observado también que cuando se halla enteramente seca ha perdido la dozava parte de su primitivo volumen. Puede emplearse más pronto esta madera si al cortar el árbol se divide el tronco en forma de tablas ú otras piezas y éstas se tienen sumergidas en el agua durante un año. Se emplea en carpintería de máquinas, en ebanistería y en tornería; los grabadores en madera hacen de ella las planchas para estampar papeles pintados; es muy apreciada para reglas, escuadras, plantillas de curvas y otros útiles que usan los dibujantes. Su peso específico es de 0'60.

SÁNDALO. Este árbol alcanza en el Asia y en Africa (Islas de Madagascar) dimensiones semejantes á las del nogal; la corteza del tronco es áspera, las hojas son pequeñas, de un color verde muy vivo, el fruto es insípido y parecido á la cereza. La madera tiene un color rojo violado veteado que presenta hermosas aguas; tanto la albura como el duramen son muy fuertes, resultando una madera dura y resistente, muy resinosa, con un aroma especial que da gran valor á algunas especies. Se emplea en construcciones y en obras finas y delicadas, aunque no se le puede dar barniz de espíritu de vino porque se altera su resina, y por lo tanto, pierde el color todo su brillo y hermosura. Otra especie se denomina sándalo blanco, por el color de la madera, que es muy aromática y tiene cualidades semejantes al *rojo*, aprovechándose de madera parecida á la de aquél.

SERBAL, *Sorbus domestica*, *Sorbus aucuparia*. Existen diferentes variedades de este árbol, algunas de las cuales llegan á una altura de más de 17 metros; crece tan lentamente, que necesita cien años para que su tronco tenga un diámetro de treinta centímetros, y tiene larga vida. Su tronco es muy recto, así como sus raíces; la corteza tiene un color gris pardusco, la copa es muy regular en forma de pirámide; sus hojas son ahovadas, dentadas, verdes por la cara superior y blanquizcas y aterciopeladas por la inferior. A la extremidad de las ramillas produce grupos de pequeñas flores blancas; su fruto es pequeño, esférico, de un color amarillo rojizo ó verde, según la especie. La madera tiene un color pardo rojizo ó rojo amarillento y es durísima, muy pesada, en extremo compacta, de grano muy fino, por cuyas excelentes cualidades es muy apreciada y se emplea en carpintería, ebanistería, torno y grabado, para maquinaria, muebles finos y objetos expuestos á grandes rozamientos; también es muy buscada por los escultores. Su peso específico es de 0'91.

SUPA, *Dipterocarpus*. Arbol de primera magnitud de las islas Filipinas, cuya madera tiene un color amarillo de ocre pardusco, que se obscurece con el tiempo, y se observan en ella á veces unas tintas rojizas ó vetas estrechas pardo obscuras. Su textura es fuerte, de fibra transversal y comprimida, poros alargados; se rompe en astilla corta y da una viruta muy áspera y enroscada. Se emplea en construcciones civiles y navales en competencia con la de *Ipil*, que tiene condiciones y cualidades semejantes pero superiores á la de supa; el color de la de Ipil es rojo obscuro ó amarillo de ocre, sin manchas ni vetas, y se obscurece también con el tiempo; se le nota un aroma suave y agradable. Esta madera es muy apreciada para toda clase de construcciones y su peso específico es de 9'79.

TAMARINDO, *Tamarindus indica*, Sampolac. Arbol de la India, conocido en Filipinas con el último nombre, que alcanza una

altura regular; algún ejemplar se encuentra de grandes dimensiones. La madera tiene el color blanco rojizo y es de textura bastante fuerte, de fibras unidas y largas, se rompe á tronco y la viruta es algo áspera y enroscada. Se emplea en construcciones y herramientas de carpintería. Su peso específico es de 0'62.

TÍNDALO, *Eperua rhomboidea*, Balayón. Se encuentra este árbol, que es de primer orden, en las islas Filipinas, en las que abunda bastante. Su madera, recién cortada, tiene un color rojo claro de siena, que se obscurece sucesivamente hasta convertirse en negro. La textura es sólida y compacta, de fibra diagonal; se rompe á tronco según la dirección de éstas y en astilla corta; produce la viruta áspera, porosa y recta. Se emplea en construcciones cuando se pueden conseguir piezas con las dimensiones necesarias, pero su principal uso es en ebanistería para construir muebles de lujo. Su peso específico es de 0'81.

YABA. Arbol de las antillas, de grandes dimensiones; crece su tronco hasta 18 metros de altura con una circunferencia en la base de más de tres. Su madera presenta un color pardo claro y es compacta y algo vidriosa; se rompe á tronco; la madera fresca da una viruta larga, áspera y poco enroscada, pero ya vieja no produce viruta. Se emplea en construcciones, en particular en la naval para quillas y timones. Su peso específico es de 0'93.

YACAL, *Dipterocarpus plagatus,* Saplungan. Se encuentra este árbol en las Islas Filipinas, su tronco alcanza una altura de cerca de 20 metros y un diámetro de 80 centímetros. Su madera tiene el color amarillo terroso, es muy pesada y su textura sólida y fina; se rompe en astilla larga y produce la viruta fina, compacta y enroscada. Se emplea con ventaja en construcciones civiles y navales. Esta madera, que figura á la cabeza de las más resistentes y pesadas del Archipiélago, tiene un peso específico de 0'93 y es muy abundante en las citadas islas.

CAPITULO V

HERRAMIENTAS É INSTRUMENTOS

En los primeros tiempos de la aparición del hombre sobre la tierra se hallaba ésta cubierta de inmensos bosques que le proporcionaron la madera, primer material que utilizó para llenar la mayor parte de sus necesidades, por la facilidad de adquirirla y de darle toda clase de formas y aplicaciones con ayuda de pocos y muy sencillos instrumentos ó herramientas, que la necesidad le obligó á idear paulatinamente. En los tiempos más remotos se conocía la sierra, y los antiguos hicieron uso del cepillo y de la garlopa, pero hasta el siglo XIII se emplearon muy poco estas dos últimas herramientas pues generalmente se labraban toda clase de piezas con el escoplo y la gubia. En el citado siglo las ciencias y las artes recibieron grande impulso, la carpintería no fué de las menos favorecidas y empezó entonces á emplear para sus operaciones herramientas perfeccionadas, cuyo número fué en aumento sucesivamente en los siglos siguientes con diversas intermitencias hasta fines del XVIII. Las guerras y sacudimientos políticos de principios del actual fueron poco favorables al desarrollo de las artes industriales, que permanecieron estacionarias durante el primer tercio, al final del cual adelantaron de una manera sorprendente, gracias á la ciencia que hace abandonar los principios rutinarios que reinaban en todas ellas, y crea herramientas y aparatos de una potencia y rapidez de ejecución desconocidas á las generaciones pasadas; con su auxilio, y en virtud de las necesidades siempre crecientes de la vida moderna, se construyen multitud de edificios públicos de grandes dimensiones y variados destinos, se proyectan y llevan á cabo colosales obras públicas; inmensas fábricas y establecimientos industriales se crean como por encanto en todas las regiones de la tierra, que parece despertar de un profundo sueño, para entregarse á una actividad sin límites siempre creciente.

Las diversas ramas del arte de labrar la

madera se perfeccionan como las demás adoptando nuevos instrumentos y herramientas de precisión, que brevemente y con exactitud matemática llevan á cabo labores imposibles de ejecutar con los medios anteriormente conocidos, ya que, como siempre no se pueda prescindir de ellas por entrar la madera, en todo ó en parte, como componente principal ó elemento auxiliar, en todas las construcciones que se llevan á cabo.

Hasta nuestros días las diversas herramientas que se empleaban para labrar la madera, eran fabricadas á mano, de una manera más ó menos tosca, por los herreros ó cuchilleros, y eran montadas después en mangos, astiles, fustes ó armaduras generalmente por el mismo operario que debía hacer uso de ellas. Dichas herramientas resultaban por lo regular poco perfectas, y de un precio relativamente elevado; para obtener con ellas una labor esmerada debía emplearse mayor habilidad y cantidad de tiempo. Algunas herramientas sólo se conocían ó usaban en localidades determinadas, á causa de la falta de comunicaciones ó por el trabajo especial que con ellas se ejecutaba. Importantes fábricas se hallan en la actualidad exclusivamente dedicadas á la fabricación de instrumentos y herramientas que producen en gran número, construídas bajo principios científicos, á precios sumamente económicos, cuyas fábricas las perfeccionan continuamente y adoptan todas las innovaciones é inventos útiles que cada día y en todas partes se dan á luz, lo que ocasiona que el obrero actual tiene á su disposición, por poco precio, multitud de instrumentos y herramientas perfectas con las que puede ejecutar una labor esmerada en breve tiempo.

Las herramientas é instrumentos que se usan para utilizar y labrar la madera son en gran uúmero y sería muy difícil darlas á conocer todas detalladamente, ya que cada ramo ó división de la carpintería las tiene especiales con arreglo á sus necesidades. La nomenclatura de las más usuales, como son las del carpintero propiamente dicho, también presenta dificultad, puesto que, aun en España, muchas de ellas tienen diferente nombre en localidades poco distantes, ya por la diferencia de dialectos ó por la poca comunicación que existe entre ellas, conociéndose algunas modernas importadas del extranjero con nombres, aunque desfigurados, que revelan su origen. Por estas razones se darán á conocer en este capítulo sólo las principales que sirven como de tipo y se explicará su forma, uso y modo de obrar de cada una en la madera, así como el nombre más conocido y generalmente adoptado en mayor número de localidades. Para mayor claridad se clasificarán, en cuanto sea posible, por grupos según su manera de obrar característica.

INSTRUMENTOS PARA MEDIR, SEÑALAR, TRAZAR Y DETERMINAR LAS LÍNEAS Y LOS PLANOS

REGLAS. Son los instrumentos más sencillos de que hace uso el carpintero, que los construye por sí mismo según sus necesidades. Las reglas son unos listones de madera lijera, seca y sin nudos que deben tener sus aristas vivas y perfectamente rectas, su anchura debe ser igual en toda la extensión de cada una así como su espesor. Se construyen desde la longitud de un metro con un centímetro de grueso y 3 ó 4 de ancho; las de dos metros deben tener de 2 á 3 centímetros de espesor y 5 ó 6 de anchura; las de 5 ó 6 metros de longitud no deben tener menos de 3 centímetros de grueso y 15 de ancho. Todas sirven para señalar lineas rectas y sostener el nivel, por lo que deben tener la rigidez suficiente. Se acostumbra á dividir sus caras en metros y centímetros por medio de rayas; las más largas sólo se dividen de 20 en 20 centímetros. Los capinteros toman

muchas veces medidas con simples listones de madera sin dividir, en los que señalan los datos que necesitan con un lápiz, llamado de carpintero, que consiste en una barrita larga de madera de unos 20 cents., más ancha que gruesa, que contiene mineral de plomo ú otra substancia que deja manchas ó rayas más ó menos negras en la madera, á cuyo efecto debe cortarse el lápiz en forma de doble bisel y no en punta con objeto de que aquellas tengan más cuerpo y sean más visibles.

Lám. 1.ª, *fig.* 1.ª. *Doble metro.* Instrumento que lleva siempre consigo el carpintero compuesto de ocho piezas de madera de boj de 25 centímetros de longitud, 15 milímetros de anchura y 3 de grueso, unidas dos á dos por sus extremos por medio de pernos de metal ó charnelas que les permiten un movimiento como el de la cabeza del compás, con objeto de colocarlos todos en línea recta, y para que al tomar ciertas medidas no se doblen por dichos pernos ó ejes, tiene cada listón en la cara inferior un muelle que los sujeta en aquella posición, el cual es preciso bajar cuando se quiere cerrar el instrumento para poder llevarlo en el bolsillo. Como lo indica su nombre tiene una longitud total de dos metros. La ca.a inferior suele hallarse dividida en varas, palmos, yardas ú otra medida propia del país en que se use.

Lám. 1.ª *fig.* 2. *Medio metro.* Puede ser de metal ó de madera este instrumento. Se compone de una pieza hueca de sección rectangular de 25 centímetros de longitud, 2 de ancho y 1 de grueso, en la que entra á rozamiento suave otra de la misma longitud y el ancho y espesor necesarios; ambas tienen sus caras más anchas divididas en centímetros. El instrumento cerrado mide 25 centímetros justos y á medida que la pieza inferior ó corredera se saca de su estuche, van apareciendo divisiones con sus números correspondientes que indican la longitud exacta en centímetros que en aquel momento tiene el instrumento; cuando la corredera tropieza con un tope que no le permite salir de su estuche, el instrumento presenta la longitud total de 50 centímetros ó medio metro.

Lám. 1.ª, *fig.* 3. *Cinta ó rodete.* Este instrumento de medida es el más cómodo y usado por el carpintero y por los constructores en general. Los mejores consisten en una cinta de tejido fuerte del que forman parte unos hilos longitudinales de metal que no le permiten se altere su dimensión, conservándose al mismo tiempo flexible á fin de que por medio de una manivela *d* pueda ser arrollada á un eje *c* situado dentro de una caja cilíndrica de cuero ó metal, deslizándose á su entrada en *a* entre dos rodillos giratorios de hueso ó metal, que impiden entre doblada en la caja ó que se roce. La cinta se halla cubierta de un barniz impermeable que la conserva y libra de las influencias atmosféricas; á partir de su extremo *b* se halla dividida desde la anilla en centímetros y señalada con números que indicad cada decímetro. En el comercio se encuentran cintas de la longitud de 10, 15, 20, 25 y hasta de 30 metros. Las últimas son poco manuales.

Lám. 1.ª, *fig.* 4. *Punta de trazar señalador ó punzón.* Instrumento de hierro con punta de acero afilada, que sirve para marcar y puntear las líneas de ensamble y otras. Puede colgarse por el ojo ó anillo del otro extremo.

Lam. 1.ª, *fig.* 5. *Hilo ó cuerda de trazar.* Cordoncito de lana que teñido con almazarrón ú otra materia tintórea sirve para señalar líneas largas sobre las piezas de madera que se quieren escuadrar o desbastar en el bosque; los serradores y carpiteros, para líneas que exigen más precisión, emplean un cordoncito de algodón de dos milímetros de espesor que guardan arrollado en un carrete *b c* fijo á un mango *d*, todo de madera fuerte ó hueso.

Lám. 1.ª, *fig.* 6 *Compás de carpintero.* Instrumento que se compone de dos brazos

de hierro, con puntas de acero, unidos por la cabeza en forma de charnela; y cerrado viene á tener unos 20 centímetros de longitud. Sirve al carpintero para marcar y señalar los detalles de los ensambles y otros trabajos análogos; deben afilarse sus puntas con frecuencia. Algunos compases tienen un cuarto de círculo de hierro sujeto á uno de los brazos y penetra por un encaje en el otro brazo, en el que se halla colocado un tornillo que sirve para asegurar dicho cuarto de círculo, conservando de este modo inmóviles los brazos del compás con una abertura de ángulo que sea necesario mantener constante para varias dimensiones iguales que se necesiten. Dicho cuarto de círculo suele hallarse graduado pero generalmente es liso.

Lám. 1.ª *fig.* 7. *Compás de aparejador ó de montea.* Los brazos tienen de 60 á 80 centímetros de longitud, uno de ellos es doble desde la cabeza hasta el principio de la punta con objeto de que al cerrarse encaje dentro la parte correspondiente del otro brazo y se conserven ambos bien rectos. Como dichos brazos son muy rectos interior y exteriormente, se emplea también este compás como una *falsa escuadra*. Las puntas son de acero y tienen una forma triangular, cuyas bases se unen cuando está cerrado. Este instrumento es de hierro, y se construyen algunos de gran tamaño de madera con objeto de que sean más lijeros y manejables.

Lám 1.ª, *fig*. 8. *Compás de varas de madera.* Los anteriores compases son insuficientes cuando se tienen que tomar medidas de bastante longitud y describir curvas de mayor radio, por lo que es necesario entonces emplear el compás de varas que consiste en una regla larga de madera lijera y fuerte *a* que entra á muesca en dos piezas *b b* armadas de puntas agudas de acero *e e*, estas piezas tienen otras *c c* que se cambian cuando por el roce llegan á gastarse y sirven para fijar aquellas á la regla; las *c c* se aseguran por medio de las cuñas *dd*. Para medir ó trazar con este instrumento se corre una de las piezas *b* hasta un extremo de la regla y se asegura y sujeta golpeando la cuña *d* para que quede inmóvil, se fija la punta *e* en un extremo de la línea que se quiere medir ó en el centro del círculo que se desea trazar; luego se corre la segunda pieza *b* hasta el otro extremo de la línea, colocando sobre él la punta de acero *e*, ó bien se toma entre las dos puntas *e e* la magnitud del radio de la curva que se quiere trazar y también se aprieta la segunda cuña *d*, para que quede también fija esta segunda pieza *b*; el instrumento queda entonces con la medida que se trata de trasladar, ó en disposición de trazar la curva pedida, lo cual no tiene ninguna dificultad. Cuando la operación no exije gran precisión ó carece el carpintero de este instrumento, acostumbra á trazar las grandes curvas con hilo ó bramante que sujeta al centro por medio de un clavo trazándola con otro clavo ó punta colocada en el mismo bramante á una distancia igual al radio, pero este sistema es muy inexacto y defectuoso.

Lám. 1.ª, *fig* 9. *Compás de varas metálico.* Para describir grandes curvas con mucha precisión no son suficientes los compases de varas de madera, cuya regla solo tiene, por lo general, una longitud máxima de unos cuatro metros. Se emplea en este caso el compás de varas metálico. Este instrumento se compone de un tubo cilíndrico de metal *a*, en el que entran á rozamiento suave las piezas correderas *d d*, dentro de las cuales, y antes de enchufarlas en el tubo, se han colocado unos coginetes de madera *e e*, en los que obran los tornillos *ff*, y estos coginetes tienen por objeto transmitir la presión de los tornillos al tubo sin deformar éste. Las puntas *g g* son de acero y se fijan á tornillo en las piezas correderas; y debe tenerse cuidado de que ambas puntas se hallen en el mismo plano cuando se opera con el instrumento. Un tubo de metal de 55 milímetros

de diámetro puede tener una longitud de quince metros sin que su propio peso le comunique flexión alguna. Dicho tubo puede construirse de hoja de lata soldando los tubos parciales por su extremo sobre virolas interiores *b*, aumentándose la resistencia si en cada unión se colocan los diafragmas *c* agujereados en su centro, á fin de que por ellos circule el aire cuando varía la temperatura. Este instrumento se utiliza como el anterior.

Lám. 1.ª, *fig.* 10. *Compás fijo.* Instrumento de hierro con las puntas de acero fijas y colocadas á la distancia de dos tercios de metro. Para medir con él un tronco de árbol ó una viga, se señala sobre esta una línea recta y en el extremo se coloca una punta del compás y se lleva la otra punta sobre la línea; se sujeta esta punta y se hace que la primera, describiendo una semicircunferencia, vaya de nuevo á colocarse sobre la línea en posición opuesta á la primera, sirviendo ahora como de centro para el nuevo giro que ha de describir la segunda, de cuyo modo se recorre toda la pieza que se desea medir con un cierto número de dimensiones iguales á la del compás; si queda un residuo se mide con la división métrica que se nota en las caras laterales del compás. Si el compás tiene mayores dimensiones es difícil de manejar.

Lám. 1.ª, *fig.* 11. *Compás de gruesos ó espesores.* Se compone de dos brazos de hierro unidos por medio de una charnela al rededor de la cual abren ó cierran; la mitad de cada brazo es recto con una punta al exterior y la otra mitad es curvo; la distancia desde el centro de la charnela hasta el extremo de cada brazo, es igual y de unos 10 centímetros; en cualquier posición del instrumento la distancia interior entre los dos extremos curvos es igual á la exterior de las puntas de la parte recta, de modo que con ésta se pueden tomar medidas interiores en una caja, muesca ó mortaja á fin de construir la espiga que debe encajar en ella, midiéndola con los brazos curvos del compás que, como puede comprenderse, se aplica con ventaja en operaciones análogas.

Lám. 1.ª, *fig.* 12. *Bramil ó gramil.* Tiene por objeto este instrumento trazar en la madera líneas paralelas á las aristas ó bordes rectos de las tablas y demás piezas. Puede servir para trazar sucesivamente una, dos ó cuatro líneas según su construcción; la figura da á conocer por medio de dos proyecciones el más sencillo, que se compone de un vástago ó listón de madera de sección cuadrada *a*, que entra á rozamiento suave en una muesca de la misma sección abierta en una plancha cuadrada ó rectangular *b*, también de madera, y en la que puede correr con facilidad mientras no se aprieta una cuñita *c*, que entra en una muesca abierta en la plancha *b*, lateralmente, con objeto de fijar y sujetar el vástago *a*, el cual perpendicularmente á su eje y paralelamente á la plancha, tiene una punta de acero *d* que es la que traza las líneas.

Para trazar líneas con este instrumento se afloja la cuña *c* y se golpea el vástago *a* por uno ú otro lado hasta que la punta *d* se halle separada de la plancha á igual distancia, á la que debe hallarse la raya que se quiere trazar, de la arista de la tabla ó pieza; entonces se aprieta la cuña *c* y se apoya la parte inferior de la plancha contra la tabla teniendo el vástago *a* perpendicularmente á su borde, y de modo que la punta *d* se apoye un poco inclinada en la tabla; corriendo entonces la plancha á lo largo de la arista de la tabla, quedará trazada la línea en la parte interna de ella.

Los bramiles más usados tienen dos vástagos independientes situados paralelamente y perpendiculares á la plancha, que entonces es rectangular, con sus puntas de acero en sentido contrario, que se pueden colocar á distancias diferentes de la plancha, de cuya manera pueden por ejemplo señalarse en el

canto de varias tablas las cajas y espigas necesarias para machihembrarlas.

Lám. 1.ª, fig. 13. *Bramil metálico.* Se utiliza de la misma manera que el anterior. Está formado por una pieza hueca de sección cuadrada en la que entra con suavidad otra de igual sección, que es la que señala con la punta de acero que lleva en su extremo, y se halla dividida longitudinalmente en centímetros para mayor comodidad y exactitud; esta pieza se fija para operar con un tornillo colocado en la parte hueca, el cual sustituye á la cuña del de madera; la plancha de éste se reemplaza con una pieza perpendicular á la caja hueca y fija en su entrada á la parte opuesta del tornillo. La longitud del trazador ó punta de acero puede variarse, pues es movible y se halla sujeta con un tornillo que permite sacarla para poder afilarla ó cambiarla. Este bramil es más perfecto que el de madera, que sólo tiene la ventaja de que es muy sencillo y puede construirlo por sí mismo el carpintero, que debe tener varios y diferentes.

Lám. 1.ª, figs. 14, 15 *y* 16. *Plomadas.* La figura 14 da á conocer la plomada más cómoda y segura que puede emplear el carpintero, por ser muy manuable, oscilar muy poco, fijarse prontamente y verse al través de ella con facilidad las líneas. Está formada por un disco grueso, algo cónico, de hierro, bronce, plomo ú otro metal, con tres pequeños radios en su interior que concurren en un centro, en el cual, se halla el agujerito que da paso al cordón ó bramante del que debe suspenderse la plomada para usarla. La figura 15 es otra plomada igual á la anterior, con el contorno acanalado ó estriado, que opone mayor resistencia al rozamiento con el aire ambiente, y, por lo tanto, se inmoviliza más pronto. La plomada de la fig. 16 sirve especialmente para hallar la verticalidad de jambas y montantes de los marcos de puertas y ventanas, con cuyo objeto tiene una pieza cuadrada del ancho de la base redonda inferior de la plomada, en cuya diagonal se halla un agujero por el que pasa el cordoncito ó hilo de que se halla suspendida esta última, cuya pieza cuadrada se aplica por su canto contra la parte alta de la pieza que se quiere aplomar, dejando correr hasta cerca de su pie el cono de la plomada, que debe serle tangente.

Lám. 2.ª, fig. 17. *Escuadra.* Sirve para trazar ángulos rectos y levantar perpendiculares á una línea dada. Está formada por dos piezas de madera de longitud y ancho semejantes, ajustadas en ángulo recto, la una *ab* de triple grueso que la otra *ac*; la espiga *d*, de igual grueso que el brazo *ac* y en el mismo plano, sirve para asegurar la escuadra contra la pieza de madera que se trata de marcar. Para rectificar esta escuadra se aplica el brazo *ab* contra una arista bien recta de una pieza de madera, cuya cara superior sea perfectamente plana, y sobre ésta se traza una línea recta por el brazo *ac*; hecho esto se vuelve la escuadra en sentido contrario colocando el brazo *ab* contra la misma arista, y si la línea anteriormente trazada no coincide con el brazo *ac*, se corrige el error con el cepillo sacando la madera necesaria del borde exterior de este brazo *ac*, que para este caso tiene un excedente de madera en su ensamble con el *a b*. Este instrumento es conocido también con el nombre de *escuadra de tabla*.

Lám. 2.ª, fig. 18. *Cartabón.* Se emplea para trazar detalles de ensambles y demás líneas de poca extensión. Tiene la forma de un triángulo rectángulo isóceles, por lo que pueden trazarse con él ángulos rectos y de 45 grados. Se construye de madera seca y fuerte, el hilo de ésta debe estar en el sentido de la hipotenusa. Su rectificación es parecida á la de la escuadra anterior; cuando se ha conseguido que el ángulo de los catetos sea perfectamente recto, se miden éstos para asegurarse que son de igual longitud. También se construyen con los catetos des-

iguales, en cuyo caso el hilo de la madera debe seguir la dirección del cateto mayor.

Lám. 2.ª, fig. 19. *Escantillón, falsa regla, salta escuadra.* Según se ve en las dos proyecciones que la representan, está formada por dos reglas iguales *b b*, en las que encaja otra *a*, unidas las tres por medio de un eje *e*, de hierro, remachado por ambas cabezas á unas chapetas de metal embutidas en la madera de las reglas *b b* sujetas en su parte interior por medio de un tope *c*; la regla *a* puede moverse alrededor del eje común, de la misma manera que la hoja de una navaja y formar ángulos de todas magnitudes con las fijas, que guardan aquélla cuando el instrumento está cerrado. Las aristas de las tres rectas deben conservarse perfectamente rectas y paralelas entre sí en cada una. La espiga *d* tiene el mismo objeto que su homóloga de la escuadra, y puede girar alrededor del eje que la sujeta cuando se quiere cerrar y guardar el instrumento, cuyo principal empleo consiste en trazar ángulos iguales á otros dados, y es de constante aplicación.

Lám. 2.ª, fig. 20. *Escuadra cartabón, escuadra á inglete.* La pieza *b f* tiene triple espesor que las *b x* y *d z*, encajadas en ella, con objeto de poder sentar la escuadra, por cualquiera de sus dos caras, contra la arista de la pieza de madera que se quiera marcar. Se pueden señalar ángulos rectos con los *a b d* y *x y z* de la escuadra; de 135 grados con el *b d e* suplemento del de 45 grados; con el *a b d* pueden trazarse perpendiculares, y con el *x y z* se comprueba si las dos caras contiguas de una pieza de madera son perpendiculares entre sí; el ángulo *x y b* abraza 60 grados y el *z y d* 30, que se comprueban con los de un triángulo equilátero; los de 135 y 45 grados con los que forma la diagonal de un cuadrado.

Lám. 2.ª, fig. 21. *Nivel dc albañil.* El carpintero utiliza este nivel, tanto como el albañil, cuyo nombre lleva. Se construyen de todos tamaños; á veces es preciso que sus brazos tengan una longitud de dos metros, y se utilizan como escuadras, por formar un ángulo recto las reglas *m z* y *n z* que lo componen, las cuales se sujetan con el travesaño *o p*, en el que se marca un trazo según la línea *z x*, sobre el que debe caer el hilo de la plomada cuando acuse un nivel perfecto la superficie en que se apoyen los extremos *m n*. Se acostumbra sentar este nivel sobre una regla larga, bien recta, que se coloca sobre la superficie que se quiere nivelar para ganar extensión y una coincidencia más exacta. Para señalar el trazo *z x* se describe un arco *t v* haciendo centro en *z*, se pone el nivel sobre una línea de una superficie cualquiera, la plomada tomará una posición como por ejemplo la *z t*; si se da una media vuelta al nivel de modo que cambien de lugar los pies *m n*, tomará una nueva posición *z v* la plomada y si se divide este arco en dos partes iguales y se traza por esta división la *z x* se conseguirá lo que se desea.

Lám. 2.ª, fig. 22. *Nivel cuadrado.* Es semejante al anterior pero presta mayores servicios, pues se utiliza su línea superior *p q* para averiguar la horizontalidad de una pieza colocando aquélla bajo la superficie inferior de ésta; si se coloca en la línea *p m* ó la *q n* contra piezas verticales, la plomada tomará la posición *z y* paralela á aquéllas; también puede servir como escuadra con dos ángulos *m p q* y *p q n*.

Lám. 2.ª, fig. 23. *Nivel inverso.* Cualquier cuerpo puede nivelarse por su cara inferior si se le aplica el brazo *m n* de este nivel, que está formado por una regla de madera en la que encaja perpendicularmente otra *p q* que puede ser también de madera ó metálica; el conjunto se utiliza así mismo como escuadra; si se suspende la plomada del punto *x*, y se invierte la posición del instrumento, sirve éste como nivel directo; con este objeto tiene en *z* una abertura igual á la *x* para la esferita de la plomada.

Lám. 2.ª, *fig.* 24. *Nivel de pendiente.* Se compone de una regla de madera *m n*, en la que encaja perpendicularmente, por su parte superior, otra *z x* en la que se suspende la plomada; la línea superior *m n* toma la inclinación que se desea por medio del cepillo; sirve este nivel solo para pendientes especiales, formadas con ángulos poco abiertos con relación á la horizontal, y se comprueba con el ángulo dado por medio de las líneas *m n* y *z x*; el canto *m n* puede construirse paralelo al superior de esta misma regla ó sea perpendicular á la línea *x y*, de cuya manera resulta un nivel común.

Lám. 2.ª, *fig.* 25. *Nivel de talud ó inclinación.* Se construye expresamente para inclinaciones especiales y es muy sencillo, pues lo forma una sola pieza de madera, á uno de cuyos cantos *e d*, se le da la inclinación que se necesita con relación á la vertical *z x*, que siempre es paralela al canto *a b* de la pieza; los ángulos *e a b* y *a b d* se construyen rectos.

Niveles de aire. Los carpinteros usan mucho en sus operaciones esta clase de niveles formados por un tubo de vidrio ó cristal lijeramente curvo, cerrado por ambos extremos, lleno de alcohol, éter ú otro líquido, muy movil, y de una burbuja de aire que tiende siempre á ocupar la parte más elevada. Este tubo se introduce en un estuche de latón ó hierro que lo libre de los choques, el cual por la parte inferior tiene la forma de una regla, que es la que se coloca sobre la superficie que se desea nivelar; la burbuja entonces acusa en la parte media del tubo, que al efecto se halla abierta, la horizontalidad de la superficie si se halla el instrumento rectificado; los niveles ordinarios vienen de la fábrica arreglados, son fijos y no pueden generalmente rectificarse; las clases superiores, son susceptibles de rectificación, por medio de un tornillo colocado en un extremo de la regla que la separa ó aproxima al nivel, mientras que en el otro extremo existe un movimiento de charnela entre ambos. Se construyen estos niveles de diferentes dimensiones y algunos llegan á tener más de 40 centímetros de longitud.

En las construcciones de importancia, que exigen gran exactitud y precisión, se una un nivel doble especial, que consiste en un paralelepípedo rectángulo de buena madera, perfectamente labrada y pulimentada, de unos 60 centímetros de longitud, 12 á 14 de latitud y cerca de 3 centímetros de espesor; en dos de sus caras menores contíguas ó sea en dos de sus cantos y en su centro, se embuten, en cada una de ellas, un nivel de aire, cuya parte superior debe estar enrasada con el plano correspondiente de la madera á fin de que los niveles se hallen resguardados y no sufran golpes ni choques en cualquier posición que se coloque el instrumento. Desde luego puede comprenderse que, colocando este instrumento en sentido horizontal, ó sea haciendo funcionar el nivel situado en el canto de mayor longitud, se pueden nivelar toda clase de superficies y piezas horizontales, y que puesto en sentido de su altura, de modo que se presente en la parte superior el nivel situado en el canto menor, se obtiene la verticalidad de cualquier pieza contra la que se aplique este instrumento. De este modo se evita la rotura de los tubos de vidrio de estos niveles, que es muy frecuente cuando se tienen sueltos y entre las herramientas.

Para examinar si las diferentes caras de una pieza de madera escuadrada son perfectamente planas, usan algunos carpinteros ei instrumento de la lám. 2.ª, fig. 26, el que está formado por dos planchas iguales de madera, cortadas á escuadra, con sus cantos y aristas perfectamente rectos, unidas ambas por un listón muy derecho, que pasa por una muesca ó entalladura abierta en el centro de cada una de ellas; dichas planchas pueden correr á lo largo de todo el listón y ser colocadas á la distancia que se crea conveniente, á fin de poder sentarlas exacta-

mente sobre las superficies qua se tratan de comprobar, las cuales pueden tener cualquier posición diferente de la horizontal; el instrumento no tiene las condiciones de un nivel y sirve solo para enrasar; su uso es muy sencillo, fácil y pronto.

HERRAMIENTAS QUE CORTAN Ó DIVIDEN POR PERCUSION Ó Á GOLPE

El carpintero da á la madera la forma conveniente, para la obra que se propone construir, por medio de la labra y emplea para ello diferentes herramientas que, bajo ángulos distintos, obran todos á modo de cuñas y producen el corte ó separación de las fibras leñosas. La dureza de la madera objeto del trabajo, la bondad del acero de la herramienta y la mayor ó menor finura de su corte ó filo, imponen el ángulo necesario ó preciso de inclinación de éste, para conseguir una labor fácil, exacta y pronta en cada caso. Las herramientas cortantes de doble bisel, como la mayor parte de las hachas, deben tener sus filos inclinados unos 30 grados; las de un solo bisel, como los formones y las cuchillas de las garlopas, deben tenerlos de 22 grados y de menor número á medida que se trate de separar menor cantidad de madera ó ésta sea más blanda; el filo de las cuchillas de los cepillos debe tener unos 15 grados de inclinación y 12 grados el de los cinceles. Las condiciones de la labra imponen el ángulo bajo el que la herramienta obra sobre la madera, cuyo ángulo, de 45 á 50 grados por lo común, está en íntima relación con la dirección de las fibras y debe graduarse con arreglo á éstas para evitar se levanten astillas durante el trabajo. Dicho ángulo puede ser hasta de 90 grados cuando se pulimente la madera y entonces la herramienta puede decirse que solo la raspa; pero al contrario, cuando se trata de devastar mucha madera, el ángulo debe ser menor de 45 grados. La mayor parte de las herramientas son de hierro para que resistan mejor los golpes y choques violentos, que las romperían si fuesen todas de acero; este metal se emplea solo en el filo, soldado al hierro, en cantidad suficiente para que, cuando por el uso se desgaste, pueda de nuevo *afilarse ó vaciarse* la herramienta.

CUÑA. Herramienta toda de hierro, en forma de prisma triangular prolongado, con un filo en su arista menor que se emplea para hender la madera, á cuyo efecto se golpea en la cara opuesta al filo, á la que se da una forma semiesférica para que no se aplaste ni destruya el mazo ó martillo que se emplea para hacerla penetrar en la madera. La cuña puede ser de diferentes tamaños, suele tener cerca de unos 20 centímetros; el ángulo de abertura de todas ellas es de 8 á 10 grados, según sirvan para principiar la hendidura ó completar la raja. También se emplean unas cuñas de mayores dimensiones en forma de hacha con su astil ó mango correspondiente.

HACHAS. Estas herramientas obran como las cuñas, cuya forma tiene la hoja, que es de hierro, calzada de acero, que forma el filo ó corte *a b* (lám. 2.ª, figs. 27, 28) el cual generalmente es de doble bisel; en la parte opuesta, ó sea la cabeza, y paralelamente al filo, se halla el ojo ó anillo algo cónico *c*, en el que penetra el mango ó astil de madera fuerte *c d* con que se maneja la herramienta, el cual tiene la sección elíptica para que no dé vuelta en la mano y poder dirigir bien los golpes; en la cabeza tiene el mango una ranura ó entalla en la que penetra una cuñita ó calzo de madera ó hierro, que sujeta la hoja. Las dos citadas figuras 27 y 28, representan las hachas comunes que usa el carpintero, el cual emplea la mayor (fig. 28) para obra gruesa. Para apear ó cortar los árboles en el bosque se emplean hachas ó destrales de dimensiones parecidas á las anteriores, pero

las hojas son más estrechas y tienen casi igual ancho en la cabeza que en el filo, á fin de que la herramienta penetre más en la madera y pueda hacer los cortes bien profundos. Para desbastar y escuadrar verticalmente las maderas, por ambos costados laterales, suele emplearse el hacha de carretero (lám. 3.ª, fig. 29) que tiene más peso en el corte que en la cabeza y su mango es mas corto que el de las usuales; para que corte mucho tiene el filo muy delgado con los biseles bastante inclinados y anchos. También para escuadrar y planear la madera se emplea el hacha de la lám. 3.ª, fig. 31, vista en dos proyecciones, la cual tiene la hoja muy ancha, inclinada á un lado, con relación al mango, y con un solo bisel; para manejar esta hacha especial se necesita mucha costumbre y habilidad, pero con ella se adelanta mucho el trabajo labrándose perfectamente la madera. Como la anterior tiene un solo bisel el corte de hacha de mano (lám. 3.ª, fig. 30), que se usa para labrar pequeñas piezas de madera que se colocan al efecto bien sujetas en posición vertical; el mango tiene una forma apropiada á la del ojo y se asegura como el de las demás hachas.

AZUELAS. Tiene su filo de un solo bisel y por lo tanto cortan mejor y levantan menos astilla que las herramientas que lo tienen doble; sirven para perfeccionar la labra de la madera ya desbastada con las anteriores herramientas. La fig. 32 de la lám, 3.ª, presenta dos proyecciones de la azuela más usada por los carpinteros, carreteros, constructores navales, etc., la cual presenta el corte perpendicular al mango y con su bisel interior; el ojo *e* es algo cónico y penetra en el mango por su extremo más delgado *d*. Esta herramienta se llama también hacha de pulir y la emplean los carpinteros en particular para las partes cóncavas de las piezas curvas; en carretería se usa mucho y es indispensable para dar la curvatura á las piezas que forman las llantas de las ruedas; es una herramienta de reglamento en las ferrovías para entallar traviesas á fin de poder sentar bien los carriles de hierro. En Rusia y demás países del Norte de Europa la azuela se emplea en vez de la garlopa, y casi no se advierte la diferencia del trabajo, por la perfección con que manejan aquella herramienta los carpinteros de los citados países. El filo de la hoja debe tener una lijera curvatura para que penetre fácilmente en la madera y pueda sacar virutas tanto más delgadas cuanto más perpendicularmente se coloca el mango con respecto á la pieza que se labra, la que debe presentarse en el suelo con la inclinación conveniente. Se titula azuela de gubia la que se ve en las dos proyecciones de la figura 33, lám. 3.ª, por tener su hoja dicha forma especial, y se emplea para labrar piezas acanaladas; la cabeza *f* se usa como martillo, cuya forma tiene; el resto de la herramienta es igual en todo á la anterior. Según el tamaño pueden ser estas azuelas de una y de dos manos.

Se emplean también *azuelas dobles* que en vez del martillo *f* de la fig. 32, tienen otra hoja como la *a b* de la fig. 33, ó bien en forma de hacha de pequeñas dimensiones para cortar en sentido perpendicular al de la otra parte de la hoja, y todas tienen dimensiones apropiadas al trabajo para que se las destina.

En España se usa la *azuela* especial, vista de frente y de lado, en la lám. 3.ª, fig. 34. La hoja *f a b* tiene el filo *a b* algo curvo, con el bisel en la parte cóncava, y termina por una especie de martillo *f*, que solo sirve para darle peso y separarla del mango de madera muy fuerte *c*, golpeando al efecto con él sobre cualquier superficie, pues dicha hoja se ajusta al mango directamente sin espiga ni agujero y quedan ambas sujetas con la abrazadera de hierro *d*, que encaja en el talón que forma el mango, la cual á su vez se asegura con la pequeña cuña de hierro *h*.

Esta herramienta se maneja con una sola mano y se usa lo mismo que la de la fig. 32, pero no tiene tanta fuerza como ésta, por ser mucho menor el brazo de palanca que se emplea. La azuela de la fig. 35, es de menor tamaño que la anterior y difiere en la forma de montarla; la hoja se une al mango á junta plana algo oblícua y después de colocada la abrazadera de hierro *d* basta golpear en la parte *g h* del mango para que queden ambas bien sujetas; la acción de la herramienta sobre la madera que se labra, asegura con el golpe la unión de las dos piezas. Se usa esta azuela como la anterior (fig. 34.)

Formón. Está formada esta herramienta (lám. 3.ª, fig. 36) por una hoja de hierro *a*, cuyo último tercio es de acero y forma el filo ó corte de un solo bisel de 22 grados de inclinación aproximadamente; el otro extremo termina en una espiga que penetra y se ajusta en un mango de madera fuerte *b*, el cual se apoya en un reborde *c* para impedir que se hienda, y al mismo tiempo, para transmitir á la hoja la percusión producida sobre la cabeza del mango con el mazo, el martillo ó con la mano, que es la manera de obrar de esta herramienta sobre la madera: también con el mismo objeto suele ponerse una virola de hierro ú otro metal en la boca del mango por donde penetra la espiga de la hoja. Para trabajar con el formón se sujeta éste con la mano izquierda, colocando el corte sobre la línea que indica la madera que se quiere separar ó cortar, con el bisel hacia ella, y se golpea con el mazo; cuando se quiere levantar mucha madera se coloca el corte del formón de modo que el bisel quede debajo, y entonces la herramienta obra á modo de hacha; en este caso debe limitarse la longitud de la astilla por medio de un corte preventivo dado á distancia conveniente. Según el trabajo que deba ejecutarse tiene que ser el ancho de la hoja. Los carpinteros emplean esta herramienta para hacer las cajas y espigas de los ensambles, siendo preciso que la hoja sea ancha.

Escoplo. Esta herramienta (lám. 3.ª, figura 37), es muy parecida en su forma y dimensiones á la anterior, pero su corte ó filo es de doble bisel; levanta mucha madera y sirve para desbastar las cajas y espigas de los ensambles. La fig. 38, representa un escoplo de cubo, que en vez de espiga, termina en una parte cónica, en la que penetra el mango que se asegura á aquella por medio de un clavo ó tornillo. En la fig. 39, se vé un escoplo desvastador, cuyo corte, á doble bisel, forma ángulo más ó menos abierto, según la obra que se quiera hacer; se usa para desbastar los tornillos de madera y otras obras semejantes. Para las maderas muy correosas, se emplea el desbastador de una pieza (fig. 43). El de la fig. 40, tiene la hoja estrecha y gruesa, el corte se halla en uno de los planos y en sentido diagonal á la cara más ancha, con un solo bisel compuesto de dos planos; sirve para cortar la madera, perpendicularmente á las caras de las piezas, produciendo incisiones estrechas y profundas por lo que se emplea en los ensambles. Para abrir caja ó mortaja con esta herramienta, después de linear ó puntear sus dimensiones, se hacen dos cortes ó incisiones sucesivas para arrancar cada astilla ó trazo de madera, la primera cerca del trozo que marca la madera que se ha de cortar perpendicularmente, colocando hacia ésta el bisel de la herramienta, el cual la separa y empuja; para arrancarla es preciso dar el segundo corte á una distancia proporcional á la astilla que se quiere levantar, debiendo colocar el bisel de la hoja en sentido contrario al anterior y apalancar sobre el mango, para que aquella astilla salga por arranque del fondo y de los costados; cuando se ha abierto la caja ó hueco necesario, es preciso pulir las caras con el formón.

Gubia. Se diferencia del formón en que la hoja es cilíndrica con el bisel interior ó

sea en la parte cóncava. Se usa para acanalar y abrir agujeros redondos de poca profundidad; en conjunto tiene la forma de la figura 41 vista de frente y de lado; la hoja puede ser de diferente ancho y espesor según lo exija la obra que se ejecute. La *gubia de hierro* (fig. 42), sirve para limpiar el agujero que se quiere abrir con una barrena como la que se ve en la fig. 81, lám. 6.ª; tiene el corte semi-esférico con el bisel interior para que sólo arranque madera hacia la parte cóncava sin que profundice.

CORTAFRÍO. Se emplea, golpeándolo con el martillo, para cortar las puntas y clavos que generalmente quedan en las maderas procedentes de derribos que se quieren relabrar para emplearlas de nuevo. Por su forma (fig. 44) se ve que es igual al que emplean los herreros.

ALZAPRIMA. Se diferencia de la herramienta anterior sólo en la forma del corte que se halla dividido en dos, con biseles muy cortos, para poder arrancar por medio de la percusión producida por el martillo, y apalancando, las puntas y los clavos que la herrumbre sujeta en las maderas viejas; su forma es la de la fig. 45. La misma operación puede hacerse con la tenaza de carpintero (fig. 46), uno de cuyos brazos *b* tiene la forma de la herramienta anterior para extraer los clavos, que concluyen de arrancarse con las mordazas *a*, cogiéndolos con ella lo más cerca posible de la madera y dando un movimiento lateral á las tenazas.

HACHETA DE DOS CORTES. Suele tener esta herramienta (fig. 47), unos 115 centímetros de longitud, 4 ó 5 de ancho y el grueso correspondiente, es de hierro con los extremos de acero que forman los dos cortes ó filos en sentido perpendicular entre sí. El uno *a* tiene un solo bisel y es ancho y delgado como un formón, con el filo algo curvo, y sirve para cortar la madera en un plano paralelo al corte; el otro *b*, es de la misma forma que el de la fig. 21 y sirve para cortar la madera perpendicularmente. En el centro de la barra se encuentra un cubo cónico corto *c*, perpendicular á ella y en el plano que la divide en dos partes iguales, soldado á la cara que contiene el filo *b*, según se puede ver en las dos proyecciones de la figura. Para manejar este instrumento debe estar de pie el obrero, teniendo cogido el cubo *c*, con la mano derecha de modo que el instrumento *a b* tenga una posición próximamente vertical; con la mano izquierda, colocada más abajo que el punto *c*, debe dirigir ó guiar la herramienta que reune las ventajas de las 36 y 40, y evita con su propio peso el uso del mazo ó martillo. La pieza de madera que se labre, debe estar en el suelo y no hay necesidad de arrodillarse ni sentarse sobre la pieza, como sucede con las otras herramientas; con el corte *a* se reemplazan ventajosamente los instrumentos figuras 31 y 32 para pulir la madera. La figura 48 representa otra hacheta de dos cortes ó azuela doble de la misma forma, pero más corta que la 47, y en cuyo cubo *c*, entra un mango *d e* de sección elíptica para poder dirigirlo mejor. La hacheta puede ser algo arqueada como se ve en la fig. 48; el corte *a* es de doble bisel, bastante prolongado para poder cortar por dos caras, lo que hace su manejo algo difícil para el que no se halle muy acostumbrado á ella, el corte *b* es igual al de la fig. 47. Para entallar con esta herramienta debe colocarse el carpintero á caballo sobre la pieza; con el corte *b* abre la caja ó mortaja, y sin moverse, volviendo el instrumento, pule las caras con el corte *a*. Esta herramienta no es tan cómoda ni produce un trabajo tan exacto como la de la fig. 47.

MARTILLOS Y OTRAS HERRAMIENTAS DE PERCUSIÓN

Las hachas y azuelas, que se acaban de describir, obran por percusión que ellas mismas producen con su peso; pero los formones, escoplos y demás herramientas del mismo género necesitan para obrar, que se les transmita de alguna manera dicha percusión. Cuando se han labrado las piezas de madera de una armadura, marco, puerta ó mueble con todos los ensambles y ajustes necesarios, es preciso unirlas exactamente para que el conjunto sea resistente é indeformable, lo que se lleva á cabo con las herramientas de percusión llamadas martillos, mazos y machos de madera y hierro; para que éstas no dejen señal ó impresión del golpe ó destruyan alguna de las piezas, se acostumbra á interponer un trozo cualquiera de madera que lo reciba directamente y lo transmita á la pieza sobre la cual se ha colocado con este objeto.

MARTILLOS. Esta clase de herramientas se componen generalmente de una maza de hierro de dos cabezas, la una de sección cuadrada *a*, con el extremo que transmite el golpe, de acero y ligeramente convexo, la otra en forma de doble uña, también de acero, con sus biseles ó filos cortos é interiores; en el centro tienen una cavidad *c* de sección cuadrada ó redonda, en la que penetra perpendicularmente un mango *d* de madera fuerte y fibrosa, que se asegura por la parte opuesta, como el de las hachas, con una cuñita ó calzo de madera ó hierro. Los carpinteros usan martillos de diferentes tamaños según los que, los emplean para unir las piezas de cortas dimensiones, introducir cuñas, clavar clavos y puntas mayores ó menores, y arrancarlos cuando es necesario con la doble uña. El martillo más usual es el de la fig. 78 lám. 6.ª Un martillo especial llamado de puntas se ve en la fig. 79, en la que solo se detallan dos proyecciones de la cabeza sin el mango; una de las uñas *f* es prolongada en punta y sirve para abrir los agujeros en los que se han de introducir los clavos puntas ó tornillos, y también para empujar cualquiera de éstos dentro de la madera; lo que no impide que la doble uña pueda emplearse como la del anterior martillo para arrancarlos. Otros varios martillos se usan de formas apropiadas al objeto para que se les destina; entre otros emplean los ebanistas y tapiceros un martillo de cabeza larga y delgada, de poco peso, con la uña sencilla y recta para clavar pequeñas puntas y tachuelas, que necesitan poco esfuerzo y se colocan en sitios donde, por su tamaño, no podría penetrar la cabeza del martillo ordinario.

MAZOS. Son de madera fuerte y resistente; el cuerpo principal *a b c d a' b'* (fig. 80, lámina 6.ª) suele ser de fresno, olmo ú otra análoga, sirviendo para golpear las caras *a c á* ó *b d b'*; el mango *ff'* es de madera fibrosa y se sujeta con una cuñita *f'* en una cavidad que por esta parte debe hacerse algo elíptica para que el cuerpo del mango no se desprenda al dar golpes sobre cualquier objeto. Según queda dicho, se emplea para golpear sobre el mango de los formones y herramientas semejantes, como también para ajustar piezas de ensamble de medianas dimensiones. Los mazos para los formones y escoplos, tienen algunos el cuerpo cilíndrico, y se refuerzan las caras planas, que sirven para golpear, con aros de hierro bien ajustados á su contorno, que evitan se abra ó astille la madera, ya que la fibras de ésta se hallan en el sentido de la percusión, al paso que en el de la fig. 80 están colocadas paralelamente al mango.

MACHOS Los de madera ó de carpintero tienen una forma igual á la del mazo cilíndrico que se acaba de describir, el cuerpo ó

maza tiene unos 30 centímetros de longitud por 20 de diámetro; el mango, de madera fuerte y elástica, suele tener 80 centímetros y se sujeta como el de los anteriores. Se acostumbra á reforzar las cabezas con aros fuertes de hierro que se introducen lo suficiente para que quede exteriormente una pequeña parte de la madera que evita choque el aro contra el cuerpo que se golpea, y al mismo tiempo queda asegurado éste por el mayor volumen ó aplastamiento de las citadas fibras de madera de la cabeza. Se usa este macho para ajustar grandes piezas de madera labradas, con sus correspondientes ensambles, y también para hacer penetrar las cuñas de hierro en los rollos y piezas grandes de madera que se quiere hender en el bosque y en el taller. También emplea el carpintero con igual objeto el *macho de hierro,* cuya cabeza, de este metal, tiene unos 14 centímetros de longitud y 7 centímetros de lado en la sección cuadrada de las cabezas; el mango tiene asimismo unos 80 centímetros de largo y debe ser de madera fuerte, fibrosa y muy elástica; se asegura como todos los anteriores á la cabeza de hierro, introduciéndolo en el ojo ó cavidad cilíndrica que le atraviesa por su centro y perpendicularmente á dos de sus caras laterales rectangulares. No debe olvidarse poner la indispensable cuñita de hierro en la ranura que, con este objeto, se hace en la parte superior del mango como en las demás herramientas de esta clase.

CAPITULO VI

HERRAMIENTAS É INSTRUMENTOS.—SIERRAS

Las sierras son de un uso general en todas las artes en las que deba emplearse la madera ya como material principal, ya como accesorio, y se aplican también útilmente para trabajar la piedra, los metales y otros materiales. Las que se emplean para trabajar la madera se componen generalmente de una hoja delgada de acero templado y laminado, recta y casi siempre del mismo ancho en toda su longitud, con dientes iguales más ó menos agudos, según la calidad y la resistencia de la madera que se quiera cortar; dicha hoja se coloca en un bastidor de madera que la mantiene en situación recta para que no pueda doblarse ó torcerse, y también se sujeta cuando es corta á una simple empuñadura.

La sierra debe emplearse en vez del hacha, para apear ó cortar los árboles, siempre que se quiera aprovechar mayor cantidad de madera; es indispensable para aserrar los troncos al través; la escuadria de estos se ejecuta más pronto y con mayor perfección, no siendo posible emplear otra herramienta para cortarlos á modo de tablones, tablas y demás formas acostumbradas y exijidas por las construcciones, con las que llega la madera á poder del carpintero, que á su vez emplea para cortarla al través fuertes sierras aunque de menos potencia que las de los serradores. El carpintero de obras de afuera ó de armar emplea la sierra bracera, la de mano, la de una hoja montada en una empuñadura y los serruchos; el de taller usa además alguna otra, pero los que deben tener la colección más completa de sierras son los ebanistas que generalmente las usan de cinco tipos: uno para aserrar á lo largo, otro fuerte para cortar al través y formar espigas de grandes dimensiones; otros dos para serrar pequeñas piezas y enrasar espigas; y, otro para contornear ó serrar en curva; cada uno de estos tipos tiene la hoja de longitud y anchura apropiada á su objeto, montada de modo que pueda utilizarse perfectamente en cada caso particular.

Los dientes de las sierras tienen diferentes formas y dimensiones, según el trabajo que

deban ejecutar, la naturaleza y clase de la madera, su dureza mayor ó menor, sequedad, estructura y colocación de sus fibras, así como cualquier otra circunstancia especial de ella. Los dientes de pico de cuervo (fig. 60, lámina 4.ª) convienen para maderas flojas y verdes ó recién cortadas; cuando éstas son duras debe rectificarse la parte cóncava de los dientes para poder serrar con facilidad y prontitud. Si se trata de serrar en sentido perpendicular á la fibra de la madera, deben tener los dientes forma de triángulos equiláteros como la fig. 50; estos dientes se cortan ó despuntan cuando las maderas son muy secas y duras. Cuando las fibras se separan con facilidad por ser la madera muy filamentosa, es preciso emplear dientes como los de las figuras 51 y 60, muy agudos y afilados. La forma de triángulos rectángulos, con el cateto que obra perpendicularmente á la madera muy corto, es la más apropiada para las sierras que deben cortar maderas duras y secas como las que emplean los ebanistas.

Para cortar con la sierra debe dársele un movimiento rectilíneo alternativo en la dirección de su longitud, apoyándola sobre la madera que se quiere cortar, para que cada diente obre á modo de un estrecho escoplo, profundizando el surco ó señal abierto por el que le precede. La acción continuada de los dientes corta y arranca, del fondo de la ranura abierta, la madera en pequeñas partículas denominadas serrín ó aserraduras, penetrando la sierra paulatinamente hasta el punto necesario, y si es preciso divide en dos la pieza cortando todo su espesor. Se llama *corte de sierra* á la sección ó ranura que deja la herramienta en la pieza.

El movimiento alternativo de la hoja de la sierra desarrolla calor con el rozamiento y produce dilatación, que impediría la continuación del movimiento si no se *diese camino* ó *paso* á los dientes de la sierra para que el corte sea algo más ancho que el espesor de la hoja, lo que se logra desviando los dientes alternativamente, los pares á un lado y los impares á otro una pequeña cantidad, que á lo más debe ser igual á la mitad del espesor de la hoja, pues si fuese mayor, las dos series de dientes dejarían en el centro del corte ó ranura abierta un grueso de madera que se opondría á la acción de la sierra é impediría la continuación del trabajo. La desviación de los dientes depende del espesor de la hoja y del tamaño de aquellos, que deben estar en consonancia con la dureza y calidad de la madera que se trabaje.

Las aserraduras ó serrín formado por los dientes de la sierra resulta más ó menos grueso según la calidad de la madera, y se interpone entre aquellos y es despedido al exterior cuando los dientes que lo han producido salen fuera del corte ó ranura de la pieza, por lo que, la magnitud de estos debe ser proporcionada á la capacidad de los intervalos que han de contener serrín, que debe ser desalojado á cada movimiento de la sierra.

Si la madera es dura los dientes arrancan poco serrín, los espacios pueden ser pequeños y aumentarse su número haciéndolos más próximos y cortos, de cuya manera adquieren más fuerza y producen mayor cantidad de trabajo; al mismo tiempo obran con más prontitud y precisión por efecto de la dureza de la madera que permite que *su camino* ó *paso* pueda ser menor. Cuando los dientes de la sierra son demasiado pequeños y las maderas verdes, la sierra no puede marchar porque lo impide el serrín que se aglomera en la ranura ó corte.

Todos los dientes de una sierra deben ser completamente iguales y tener el mismo *camino* ó *paso*, de lo contrario obrarían solo los más largos, los intermedios no arrancarían madera y con el mismo esfuerzo del obrero adelantaría poco el trabajo. Al mismo tiempo dichos dientes más largos se gastarían más pronto, y ya embotados entorpecerían el trabajo de los demás obli-

gando á que se afilase con frecuencia la herramienta. El empleo de la sierra es difícil si los dientes no tienen el mismo camino; los más salientes se rompen con facilidad porque no encuentran abierto en la madera el paso por los que le preceden, y encuentran una resistencia superior que los hace saltar ó quebrarse.

La sierra tipo del carpintero, que se encuentra en todos los talleres, es la que se detalla en la fig. 49 lám. 4.ª, cuya hoja suele tener una longitud de 1'10^{m} á 1'30^{m} y tiene que ser dirigida por dos personas que la empuñan por los brazos *o a* y *e b* para aserrar á lo largo y cortar las espigas y muescas de los ensambles. Una vez señalada la pieza con una raya que indica la marcha que ha de seguir la hoja de la sierra, se pone aquella sobre polines, banquillos ó borriquetes y á cada lado se coloca uno de los obreros de modo que la pieza quede á su respectiva izquierda, en cuya situación presentan la hoja de la sierra en el sentido en que debe hacerse el corte y sientan los dientes sobre la línea trazada; cada uno debe cojer con las dos manos uno de los citados brazos ó montantes y comunicar un movimiento de vaivén tirando respectivamente de su lado, con un pequeño esfuerzo, para que los dientes muerdan la madera sin abandonar la sierra completamente á su propio peso, procurando no comunicarle balance, para que el corte ó ranura resulte recto y no curvo.

Cuando la pieza por sí misma no tiene bastante peso para permanecer inmóvil debe sujetarse con el pie ó de otra manera. Si la pieza debe cortarse al través, es preciso que cada parte que ha de quedar separada esté sostenida sobre los suficientes polines ó borriquetes, pues, de lo contrario, á medida que la sierra penetrase en ella, abriendo el corte, éste se cerraría con el esfuerzo de los obreros y oprimiría la hoja de la sierra. Por el contrario, si uno de los extremos de la pieza se hallase libre, se rompería por efecto de su propio peso antes de terminar el corte con la sierra, y se producirían astillas que quizás inutilizarían aquella para el objeto á que se le destinaba. Estas observaciones son generales para toda clase de sierras. La de la figura 49 está representada por dos proyecciones; *a b* es la hoja de acero, *a c* y *b d* los montantes ó brazos del bastidor unidos por el travesaño *o e* que entra en aquellos á espiga; los brazos tienen una especie de talón *c d* en los que se sujeta una cuerda que los une á doble vuelta sin nudos, la cual se retuerce con ayuda de una cuña *g*, también de madera, llamada garrote ó llave, que, cuando la hoja *a b* presenta suficiente tensión, encaja en una entabladura *f* abierta en el travesaño *o e* en sentido contrario al dado al citado garrote.

Los dientes de esta sierra son de la forma de la fig. 50, en la que se representa en escala doble. Tienen la misma inclinación con relación á la hoja por ser isósceles y sus ángulos *a b d* y *a c e* iguales, lo que es indispensable para que corten igualmente en ambas direcciones. La longitud de cada diente y su ancho es de 10 á 12 milímetros; el ángulo que forman puede variar entre 30 y 60 grados, cuando es menor de 30 grados los dientes no tienen resistencia y se gastan rápidamente, y mayor de 60 grados no corta la madera.

La sierra descrita se emplea en la carpintería de obra gruesa ó sea de armar, pero en la de taller se usa una de igual forma pero de menores dimensiones, cuya hoja tiene una longitud de 60 á 70 centímetros; esta sierra se maneja con una sola mano mientras que con la izquierda se sujeta la pieza de madera y se apoya el cuerpo para guiar la herramienta con mayor seguridad, la cual corta por empuje, y por consiguiente, los dientes sólo cortan en una dirección y resbalan sin cortar al retirarla el obrero hacia sí.

A los dientes de la citada sierra de carpintería de taller se les da la forma de la

figura 51, el corte *a b* tiene una inclinación *a b d* menor que un ángulo recto, y el *a c* forma un ángulo *a c d* de cerca de 45 grados, por lo que el del diente *b a c* es menor de 45 grados. En la sierra fig. 49 esta hoja 51 tendría su extremo *d* sujeto al brazo *a c* y el *e* al *b d*.

Con esta sierra sólo se hacen cortes planos y rectos de una profundidad limitada por la distancia de la hoja al travesaño *o e*; para aserrar en curva cóncava ó convexa recorriendo un trayecto mayor que dicha distancia, es preciso modificar algo dicha forma y se obtiene la sierra *rodera* ó de contornear, cuyos detalles se ven en la fig. 53. La montura ó bastidor es parecida á la de la fig. 49, sólo que la hoja no está fija como en ésta á los brazos y puede dar vueltas por medio del mango *h* que comunica el movimiento giratorio á la hoja, la cual penetra en unas ranuras abiertas en las cuñas cilíndricas *a* y *b* que giran dentro de cavidades de igual forma abiertas en los brazos del bastidor; para aserrar en curva se inclina la hoja en sentido oblicuo al bastidor, que queda á un lado, mientras que la hoja marcha recta por el corte siguiendo la curva que se haya señalado.

La hoja de esta sierra debe ser estrecha y sus dientes de mucho paso ó camino para que pueda tomar fácilmente la curvatura que exige el trabajo ó labor que se ejecute. Se comprende que con esta sierra pueda aserrarse una pieza en toda su longitud, cualquiera que esta sea, siempre que la parte de madera que se separa ó corta, tenga un ancho menor que la distancia de la hoja al travesaño. Para poder dar más fácilmente vuelta á la hoja se coloca otro mango ó puño *h*, en la parte *a*, en vez del botón que se ve en la fig. 53.

Las dos sierras anteriores pueden reunirse en una sola según se ve en la fig. 64, lám. 5.ª, con lo que puede trabajarse alternativamente con las hojas *A* ó con la *B*, cuyos dientes son diferentes y obran de manera distinta; una de las hojas generalmente, es estrecha y sirve para contornear, mientras que la otra es como la de la fig. 49. Esta sierra de doble hoja tiene dos tornillos *CC* que pueden apretarse ó aflojarse por medio de las hembras con orejas que se advierten en la fig. 64 que sustituyen á la cuerda *c d* de la fig. 49 para obtener la tensión necesaria de las hojas. La hoja *A* es fija y la *B* puede girar por medio de los citados tornillos *CC* para tomar la posición que convenga para contornear, como la de la fig. 53.

Para aserrar á lo largo las grandes piezas emplean los serradores la sierra fig. 57, lámina 5.ª, representada por tres proyecciones: de frente, de perfil á la derecha y horizontal en la parte inferior. El bastidor *a b c d* tiene 1'56^{m} de altura y 0'65^{m} de ancho; se compone de dos fuertes largueros ó montantes *a c b d*, unidos por dos codales *a b c d* á caja y espiga, con sus cuñas correspondientes exteriores para asegurar el conjunto y poderlo desarmar fácilmente, cuando concluido el trabajo en un punto sea preciso trasladar la sierra á otro distante. En el plano de la sierra y fija al codal superior se encuentra la empuñadura *e*, con la que levanta el instrumento desde lo alto el serrador; perpendicularmente á ella tiene la empuñaduaa inferior *ff* que debe manejar el serrador que se coloca al pie y debajo de la pieza de madera que se sierra.

La hoja *ggg* debe colocarse precisamente en el centro del bastidor en situación perpendicular á éste y paralela á los largueros *a c b d*, sujeta por medio de las abrazaderas de hierro *h i*, con sus pasadores correspondientes que se colocan antes de armar el bastidor; las cuñas ó suplementos de madera *h t* impiden que las abrazaderas rocen ó destruyan los codales. En la abrazadera inferior se nota un tornillo *k k* que sirve para dar tensión á la hoja y obra sobre el suplemento *t*. Estas abrazaderas pueden ser

de madera y entonces su forma es la de la figura 58, en la que *c d* es el codal, *g* la hoja, *h* una pieza de madera abierta á caja llena y *k* la cuña para dar tensión á la hoja que puede apretarse por ambos lados por ser iguales las dos abrazaderas ó cajas.

Según la calidad de la madera los dientes de la sierra son de pico de cuervo (fig. 59) ó de triángulos rectángulos (fig. 60), afilados los primeros con la parte cóncava y los segundos por el cateto menor ó perpendicular á la hoja, ya que obran todos ellos de alto á bajo, pues cuando asciende la hoja lo hace sin cortar la madera, evitando un trabajo muy pesado é incómodo á los serradores. Esta sierra funciona verticalmente movida por dos ó tres hombres.

Los dientes de sierra (figs. 55, 56 y 59) se emplean para maderas flojas, como las de pino, álamo, etc.; los de la fig. 60 convienen mejor para maderas duras, como las de roble, encina, olmo, teca, caoba, etc.

Para aserrar á lo largo emplean los carpinteros de armar y los de taller una sierra parecida á la anterior, pero de menores dimensiones; la de la fig. 52 tiene un bastidor de un metro de alto por 0'65^{m} de ancho; la hoja está montada como la de la fig. 57 y en las cabezas ó codales se colocan unas abrazaderas semejantes á la *e* de dicha fig. 57, pero más pequeñas, que no se han dibujado para no ocupar tanto espacio; esta sierra se maneja por dos personas y puede emplearse para aserrar piezas largas bastante gruesas; se dirige como la de la fig. 57 para aserrar.

En España se emplea mucho para aserrar á lo largo grandes piezas la sierra fig. 61, lámina 6.ª, que no está armada en bastidor y tiene, según se ve, en las dos proyecciones, dos empuñaduras *b b*, *d d*, montadas directamente en la hoja, las que son de hierro con un ojo *b d* en cada extremo, en el que entra un cilindro de madera fuerte para manejarla; la hoja *a a* es más ancha por la parte superior que por la inferior, y como la anterior trabaja por tracción, teniendo generalmente los dientes en forma de pico de cuervo.

La sierra de dos manos (fig. 54) se emplea para aserrar madera rolliza y grandes piezas que la sierra ordinaria ó común no puede atravesar; los serradores la usan mucho en el bosque por la facilidad de su empleo y por la rapidez con que se cortan los troncos de los árboles á lo largo y al través por gruesos que sean. La hoja es más gruesa que la de las demás sierras y el lomo es recto y liso; los dientes están colocados en curva ó arco de círculo *b a d*.

La misma hoja forma en sus dos extremos *b d* dos ojos ó anillos en los que entran dos mangos *m n* de madera fuerte, paralelos y en el plano del centro del espesor de la hoja. Esta sierra tiene que ser manejada por dos hombres que agarran cada mango con las dos manos por la parte superior, quedando los dientes de la hoja en dirección al suelo sobre la pieza de madera que se quiere aserrar, la cual se coloca sobre polines ó borriquetes. Los hombres deben colocarse de pie á cada lado de la pieza dejando ésta en medio, poniéndose de medio lado, con el pie izquierdo adelantando á fin de poder moverse fácilmente y emplear toda la longitud de los brazos para dirigir los mangos y la hoja verticalmente sobre la pieza con un movimiento alternativo que debe procurarse sea lo más horizontal posible.

Se le da á la línea de los dientes la forma en arco de círculo *b a d*, porque los dientes del centro son los que más trabajan y se gastan con más rapidez, al paso que los de los extremos se gastan mucho menos porque solo recorren una parte de la pieza cuando los del centro la recorren toda y se hallan siempre en actividad sobre la madera, por lo que es preciso afilarlos con mayor frecuencia, y si estuvieran en línea recta pronto por el desgaste formarían una línea

cóncava y se inutilizaría la sierra muy pronto quedando los extremos casi intactos por el poco uso.

Los dientes de la fig. 55 son los que más se usan para esta clase de sierras; como sirven para piezas muy gruesas, recojen mucho serrín y es preciso que entre los dientes haya gran espacio para que en él se pueda alojar hasta que el final de cada movimiento ó empuje, que se da á la sierra, pueda despedirlo al exterior. A los dientes se les da una longitud de 16 á 22 milímetros, se les separa algo más del doble, y el fondo es recto; son de figura isósceles, como los de la figura 50, y deben estar afilados por ambas aristas, puesto que deben trabajar en las dos direcciones *b d* y *d b*.

También se da á estos dientes la forma de la fig 56. Cada diente es doble; una mitad corta la madera marchando en una dirección, la otra mitad la corta siguiendo la contraria; están formados por dos cortes verticales y otros dos inclinados, de modo que si son más agudos que los de la fig. 55 están mejor dispuestos para cortar la madera. Los espacios rectangulares comprendidos entre las bases verticales que separan estos dientes dobles reciben las aserraduras de cada golpe y tienen la anchura y profundidad suficientes para contenerlas todas hasta que las despide fuera del corte hecho por la sierra. Los cortes oblicuos de cada diente no es necesario que sean profundos, pues no tienen otro objeto que formar los biseles de los dos cortes que obran á modo de escoplos. Los dientes de esta forma producen mayor labor pero son más frágiles y bastante difíciles de afilar bien.

Las sierras de mano y los serruchos se componen de una hoja fuerte de acero, por lo general de anchura desigual, montada por un extremo en una empuñadura de madera plana en la que penetra en una hendidura abierta al efecto, á la que se sujeta por medio de dos ó tres pernos de metal remachados al exterior. Estas sierras tienen sns dientes dispuestos para cortar en las dos direcciones opuestas. La empuñadura se coje con los cuatro dedos cerrados de la mano derecha y se asegura con el pulgar; se dirige el movimiento de frente y á puño cerrado. Se aplican en la mayor parte de los casos para maderas de regulares y pequeñas dimensiones; deben tenerse de diferentes longitudes y anchos.

La más común y usada es la de la fig. 67 y la 62. Las figs. 65 y 66 sirven para serrar por el centro de una tabla sin cortar el borde, para lo cual se abre un agujero en ella en el punto donde debe principiar el corte, y se introduce la punta de la sierra que poco á poco alarga el corte y va profundizando facilitándose el movimiento á medida que la sierra va abriéndose paso, ya que no le estorba el bastidor ni la armadura, siendo fácil moverla y dirigirla en todo sentido. La figura 63 representa un serrucho de punta que se usa en casos análogos y para obras de poca importancia. Las maderas duras que emplea el ebanista exigen que las sierras tengan mayor resistencia y fuerza que las que se acaban de describir, y en este caso se las refuerza con un lomo, como el que se ve en la sierra de la fig. 68, el cual es sobrepuesto, doble, también de acero y sujeto á la empuñadura.

La fig. 69 representa un serrucho de enrasar cabillas ó clavijas y consiste en una especie de fuste ó mango de madera, en el que se halla sujeta una hoja de acero plana, un poco encorvada por los costados, con dientes laterales que cortan fácilmente las partes salientes de las clavijas de madera sin perjudicar á la pieza en que están colocadas.

La fig. 70 da á conocer una sierra de enrasar que se emplea para formar las espigas de los ensambles y se compone de un fuste de madera á manera de garlopa, al que se halla unida lateralmente por medio de tornillos una hoja de acero con dientes de

sierra. La parte inferior sirve de guía para apoyarla en el borde de la pieza, sobre la que corre, para que la sierra obre su efecto.

En la carpintería de taller y en ebanistería se emplean para las maderas duras las sierras llamadas de ballesta que, con monturas semejantes emplean los relojeros, cerrajeros y otros. Consisten estas sierras en una especie de arco de hierro ó acero al que se halla sujeta formando la cuerda una sierra muy delgada con dientes finos, montado todo en un mango de madera que tiene la dirección de la hoja de sierra, la que obra en las dos direcciones de frente al que la maneja; el arco de hierro sujeta la sierra por la parte opuesta al mango, con un tornillo que sirve para templarla ó darle tensión.

INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS PARA AFILAR LOS DIENTES DE LAS SIERRAS

El acero de las hojas de las sierras tiene un temple bastante fuerte para poder cortar la madera, pero se deja morder perfectamente por las limas que se emplean para afilarlas cuando por efecto del uso se gastan ó embotan.

Se emplean con este objeto limas planas, de media caña, triangulares y redondas ó á cola de rata; con las unas se afilan los cortes rectos de los dientes y con las otras se profundizan las partes curvas, como por ejemplo, la parte interna de los dientes en forma de pico de cuervo de algunas sierras y otras semejantes.

Para afilar una sierra es preciso desmontarla y colocarla en situación horizontal, con las caras verticales y los dientes hacia arriba, sujeta con un tornillo de hierro ó madera, ó bien metida en una ranura hecha exprofeso en una pieza de madera que la mantenga inmóvil por medio de cuñas, pero de modo que los dientes salgan al exterior, en cuya posición se afilan los dientes con la lima dirigiendo ésta en sentido perpendicular á la hoja sobre los filos de cada diente; cuando una parte de la hoja tiene los dientes afilados se corre ésta á fin de ir sucesivamente afilándola toda.

La lima triangular fig. 71 es la que más se emplea para esta operación, teniendo cuidado de dirigirla bien perpendicular á la hoja y con un movimiento perfectamente horizontal á fin de que el corte de cada diente sea perpendicular á las dos caras de la hoja y presente los filos perfectamente determinados, pues de no hacerlo así formarían punta y rasgarían la madera en vez de cortarla, lo que obligaría á emplear, para serrar, mucha fuerza sin resultado y los dientes se embotarían muy pronto.

Cuando los dientes se hallan ya desviados á derecha é izquierda es más difícil dirigir la lima perpendicularmente al plano de cada diente, ya que, cada uno se halla en diferente plano del que le sigue, pero se pueden afilar seguidamente todos los cortes de los dientes de la derecha y después todos los de la izquierda, de cuyo modo no se tiene que cambiar de contínuo la dirección de la lima.

Se da inclinación á los dientes, ó sea camino ó paso, con las herramientas fig. 73, 74 y 75 que tienen unas ranuras *c c* de diferente ancho, según el espesor de la hoja de acero y de la longitud suficiente para contener todo el diente, con las que se coje cada uno de ellos y obrando sobre el mango de estos pequeños instrumentos se da á cada diente la inclinación necesaria, que se ha dicho no ha de exceder de la mitad del ancho de la hoja y debe ser igual para todos, para que trabajen al mismo tiempo y no se gasten unos más que otros. Algunos de estos instrumentos sirven al mismo tiempo para trazar rayas y signos en la madera que indiquen correspondencia de ensambles, con cuyo ob-

jeto, como el de la fig. 73, tienen el mango doblado en corte *a b* con puntas fuertes y cortas en los extremos *a* y *b* para hacer dichas rayas.

SIERRAS PARA APEAR Y DIVIDIR LOS ÁRBOLES

El apeo y división de los troncos de árboles en los bosques es una operación difícil y costosa, por los medios comunes, que ocasionan bastante pérdida ó desperdicio de madera. A principios de este siglo se creía todavía que no era posible emplear la sierra, hasta que se utilizó con este objeto la de la fig. 54; más adelante se inventaron en Inglaterra sierras circulares mecánicas movidas á mano y dispuestas para ejecutar esta operación, y otras en arco de círculo con movimiento alternativo, pero los aparatos de ambas eran complicados, difíciles de manejar y pesados para ser transportados por terrenos tan accidentados y desprovistos de vías, como generalmente son aquellos en los que se encuentran los bosques que, además, son difíciles de atravesar con aparatos voluminosos.

Las máquinas de vapor tampoco pudieron aplicarse á dicho objeto por motivos semejantes, á pesar de numerosas tentativas, pero recientemente Ransome ha inventado las sierras de hoja recta movidas por acción directa del vapor, que puede ser también impulsada por medio de una correa sin fin y también por la electricidad, cuando cerca del bosque se hallen cursos de agua cuya fuerza pueda utilizarse convenientemente.

Las figuras 1, 2, 3 y 4 de la lámina 11 dan á conocer diferentes disposiciones de la sierra Ransome, según se construyen en los acreditados talleres de Mr. F. Arbey é hijo de París, acreditados ingenieros que han dedicado su establecimiento casi exclusivamente á la construcción de aparatos y herramientas para el trabajo mecánico de la madera, algunos de los cuales han sido importados en España.

Las sierras fig. 1, 2 y 4 se componen de un cilindro de vapor de corto diámetro y bastante longitud para que el émbolo tenga gran curso á lo largo, cuyo cilindro se halla colocado sobre una base de fundición, de modo que puede girar al rededor de un eje que se ve en la mitad de su longitud para que pueda inclinarse á medida que la sierra obra en dirección horizontal ó vertical, según convenga, cuyo movimiento se transmite directamente, sin mover la base, por medio de una rueda-manubrio que con un tornillo sin fin engrana con un cuarto de circulo denta o existente en la base del citado cilindro. Unida fuertemente á la varilla del émbolo se halla la sierra, dirigida rectamente entre dos guías de hierro que parten del cilindro al que se hallan sujetas.

Esta sierra obra por tracción y al efecto tiene los dientes de la forma llamada japonesa, dirigidos todos en el mismo sentido y afilados sólo por un lado, ya que deben morder la madera únicamente al retroceder el émbolo en dirección del que maneja el aparato y que debe dirigir constantemente la operación teniendo la mano en la rueda manubrio para inclinar sucesivamente la sierra en dirección á la caldera que se quiere cortar.

El vapor, que puede proceder de cualquier clase de generador, penetra en el cilindro por la cavidad circular que se ve en el centro del mismo en la fig. 1, en la que se halla dispuesto el aparato para apear un árbol cortando su tronco horizontalmente; la base de fundición se sujeta con cadenas al tronco para que no se mueva el aparato. En la fig. 2 se ve otro aparato del mismo género dispuesto para dividir los troncos transversalmente, el que se sujeta al tronco por medio de un gancho ó hierro largo que se hinca en el mismo. Tanto el uno como el

otro cortan el tronco del diámetro de un metro en pocos minutos y pueden tomar sus hojas para aserrar, la posición horizontal ó vertical por medio de una sencilla operación. Su transporte es fácil suspendido á un eje, montado en dos ruedas, que puede arrastrar una sola caballería. El manejo de la sierra se ejecuta por una persona sola; otra debe introducir cuñas en la hendidura practicada á medida que avance la sierra, y un tercero debe dirigir el generador de vapor que da impulso á la sierra. Todas estas circunstancias favorables le dan gran valor para el apeo y división de árboles, como para otras operaciones semejantes que sea necesario ejecutar en los almacenes ó talleres, de cuya manera se ha resuelto el problema de serrar fácilmente, con prontitud y economía, con este aparato de fácil transporte en cualquier clase de terrenos.

La fig. 3 de la lám. 11, da á conocer un aparato del mismo género movido por una correa sin fin que puede colocarse en cualquier taller en el que exista generador de vapor fijo ó locomóvil. También puede dársele movimiento con el auxilio de una rueda de suficiente potencia movida á brazo, según sean las dimensiones del aparato y de las piezas de madera que se quieran aserrar.

Las especiales condiciones de este aparato han obligado á describirlo en este capítulo en vez de incluirlo entre las máquinas-herramientas, propias para trabajar la madera, cuya descripción se hará más adelante en el curso de la publicación de esta obra.

CAPITULO VII

HERRAMIENTAS É INSTRUMENTOS

CEPILLOS

Preparadas las maderas con el hacha y la sierra, reducidas las piezas aproximadamente á las dimensiones con las que deben figurar en las construcciones, es preciso rectificar sus diferentes caras ó paramentos, hacer desaparecer las señales que en ellas han dejado aquellas herramientas y pulimentarlas ó labrarlas de modo que sus superficies resulten perfectamente planas y lisas con sus aristas bien vivas y determinadas. Sus paramentos deben ponerse á escuadra ó formando ángulos dados muy exactos con objeto de señalar geométricamente las líneas necesarias para los ensambles y poder ejecutar estos con perfección, así como también los encajes y molduras longitudinales. Unas obras exigen que las superficies de las piezas de madera estén cuidadosamente pulimentadas, como son las de ebanistería; otras sólo necesitan que sus paramentos sean planos y lisos, como los entarimados, la mayor parte de la carpintería de taller, etc. Para conseguir tales resultados, es decir, para labrar con prontitud y perfección la madera, existe el género de herramientas llamadas *cepillos*, que obran sobre la madera marchando seguidamente durante cierto tiempo sobre su superficie, y repitiendo la operación las veces necesarias hasta recorrerla toda, cuando sólo se quiere igualar su superficie. Con los cepillos de dimensiones y formas diversas se desbastan, igualan, planean y pulimentan las maderas. En general se componen los cepillos de un *hierro* sujeto por una cuña en una escopleadura abierta en una caja ó *fuste*, de madera dura, cuya misión es la de mantener aquél en una posición conveniente para que con su filo ataque la madera, que sólo corte la cantidad precisa, y poder conducirlo con la mano sobre la superficie de la pieza que se labra, generalmente en el sentido ó dirección de sus fibras ó sea al hilo.

Los cepillos tienen formas muy diferentes según el trabajo que con ellos se trate de ejecutar y cada uno toma una denominación particular hija del uso ó de la operación especial que con él se practique. Sería difícil

ó imposible el describirlos todos, por ser en gran número, é idearlos nuevos á cada paso el carpintero, según las necesidades del momento y la obra que se proponga llevar á cabo; pero sus componentes principales son, como hemos dicho, el fuste, la cuña y el *hierro;* este último consiste en una hoja de acero con un filo ó corte á bisel, en uno de sus lados menores, y al que á veces va unido un contra-hierro de su mismo ancho, también abiselado, para que el primero corte menos madera, poder sujetar á éste y contribuir á que la *viruta* se desprenda igual, y seguida, por la *luz*, que es la abertura inferior de la escopleadura del fuste, por la que asoma el filo del *hierro* y la que generalmente es muy estrecha y sólo da paso á la mencionada *viruta* ú hoja delgada que se corta de la madera con el filo de *hierro*. El ángulo que el *hierro* hace con la suela ó cara inferior del fuste varía entre 45 y 50 grados en la mayor parte de los cepillos, pero puede llegar hasta una posición perpendicular en algunos construídos para trabajos especiales; la posición del hierro es tanto más derecha ó se acerca más á la vertical cuanto más duras son las maderas que se labran y también, si se trata de pulir en vez de cortar.

El cepillo más basto y que se dedica á las operaciones más toscas es la *plana* (lám. 6.ª figura 94), vista según dos proyecciones; el fuste *a a* tiene la forma de un prisma rectangular con las aristas de la parte superior achaflanadas, para que no lastimen la mano del obrero, y suele hacerse de peral, cerezo, encina ú otra madera muy dura, para que no se desgaste con el roce y conserve la cara inferior perfectamente plana; ésta debe tener sus aristas muy vivas y las caras laterales deben serle perpendiculares. En el centro del fuste se ve la escopleadura *b b* muy abierta por arriba y que sólo deja en la cara inferior ó suela una abertura estrecha, la *luz*, por la que asoma el *hierro f f*, hoja de acero que tiene la forma de la fig. 95, con el filo, de un solo bisel, en curva para que muerda bien la madera. El hierro debe colocarse con alguna holgura en la escopleadura para que pueda dirigirse su filo paralelo á la suela y llenar sólo el tercio de la *luz* que ha de dar paso á las virutas; el bisel debe estar hacia abajo.

La cuña *g g* sujeta el *hierro* y se apoya en dos resaltos de la escopleadura *x x*, dejando paso por el resto de ella á las virutas que deben ascender y salir por la parte superior. Golpeando sobre la cabeza de la cuña con el martillo se asegura el hierro, y éste se afloja si los golpes se dan sobre el extremo posterior del fuste, lo que al mismo tiempo le hace bajar por la *luz;* también se consigue esto con algún ligero golpe dado en la cabeza *f;* y para colocarlo con el filo paralelo á la suela se le golpea lateralmente. Todas estas observaciones sobre el hierro, la escopleadura, la luz y la cuña son generales para toda clase de cepillos.

La pieza cilíndrica de madera *d* forma la empuñadura anterior y la *e* la posterior; ésta suele suprimirse en algunas *planas* y sólo se conserva entonces la anterior *d*.

La *plana* sirve para desvastar la superficie de las maderas que se quieren planear, especialmente las que provienen del aserrado á lo largo. Su manejo es pesado y debe hacerse por dos personas á la vez. La pieza que se quiere desbastar se coloca sobre polines ó borriquetes, de modo que el paramento superior quede á menos de un metro de altura, y la cabeza que se halla en la dirección del movimiento que se da á la herramienta se asegura por medio de un poste contra una pared ó de cualquier otro modo. Los obreros se colocan á lo largo de la pieza, de frente uno de otro, teniéndola á su derecha, con la pierna izquierda hacia adelante, separados por la herramienta que con las dos manos cojen por la respectiva empuñadura y le imprimen sobre la pieza un movimiento rectilíneo de vaivén, apretando

contra ella para que la hoja penetre cuando marcha de frente, ó sea en la dirección *b a*, y saque una cinta de madera del ancho de la hoja ó hierro, que es lo que se conoce con el nombre de viruta. Como el hierro tiene el corte curvo, deja en la madera profundos surcos, que después los demás cepillos hacen desaparecer hasta dejar la superficie plana y lisa; estos cepillos no podrían cumplir su objeto si la plana no les preparase antes el camino.

La *garlopa* (fig. 96), es un cepillo de gran tamaño, cuyo fuste tiene una empuñadura *b b* para la mano derecha, y algunas veces otro *c c* en el que se apoya la izquierda; es conveniente que la *b b* y el fuste sean de una sola pieza á fin de que resistan mejor los fuertes empujes que deben darse á la herramienta; la *c c* no es necesaria, y generalmente se suprime dejando en su lugar un suplemento sobre el que se golpea para mover el hierro *f f* y la cuña *g g* cuando se quiere modificar la posición del primero, que tiene la forma de la fig. 97, con el filo recto y un solo bisel hacia abajo como todos los hierros de cepillos. También la cuña *g g* es igual á la de la plana y demás instrumentos semejantes.

Se dirige la garlopa en el sentido de la longitud de la pieza de madera como la plana, pero manejándola un solo operario, que la hace correr sin sacudimientos, con movimiento igual para no dejar desigualdades señaladas sobre la pieza, y al llegar al final de ésta hace retroceder la herramienta hasta el principio ó bien la levanta, para que el hierro no se desgaste tanto, y vuelve á repetir la operación sobre otra faja de la pieza paralela á la primera ya recorrida. Al mover la garlopa se da al eje del fuste una pequeña inclinación, con relación á la dirección del movimiento, para que el corte se presente al filo de la madera bajo un ángulo, que difiera algo del recto, con objeto de que corte mejor. A medida que desaparecen las desigualdades en la pieza debe disminuirse la salida del hierro, que nunca llegará á un milímetro.

Antes que la garlopa, debe emplearse el *garlopín* ó media garlopa, que es un cepillo de menores dimensiones, con el hierro algo curvo, el cual se pasa á continuación de la *plana* para hacer desaparecer las desigualdades producidas por esta última; la garlopa perfecciona el trabajo de ambas dejando la superficie de la madera bien plana y lisa.

Algunas garlopas tienen contra hierro, que puede ser liso como en la fig. 112, ó bien de tornillo como en la 113; también se suele forrar la suela de la garlopa y la de otros cepillos con una plancha de hierro bien recta sujeta con tornillos, consiguiendo así un trabajo perfecto y que no se gaste el fuste, como sucede en esta clase de herramientas por el contínuo rozamiento contra las piezas que se labran, ocasionando un trabajo desigual é imperfecto si de cuando en cuando no se rectifica dicha superficie inferior.

Se da el nombre de *cepillo* al de la fig. 98, representado por tres proyecciones; se distingue de la garlopa solo por su tamaño, que es mucho menor, y por no tener empuñadura; su hierro (fig. 99) es de la misma forma y condiciones que el de aquella, aunque más estrecho. En la proyección horizontal no se ha puesto el hierro ni la cuña para poder observar la entrada *d* de la escopleadura y la salida ó luz *a'* del fondo. Se maneja el cepillo á dos manos; la derecha se coloca en la parte posterior ó detrás de la hoja y la izquierda delante de la escopleadura, sin taparla, para que pueda salir de la viruta fácilmente. Sirve el cepillo cuando no se puede hacer uso de la garlopa por la posición de la pieza ó cuando ésta es pequeña. Para desbastar se le pone el hierro con el filo curvo y hace oficios de garlopín. Se pule con el cepillo poniéndole contra-hierro y haciendo salir muy poco el filo. Cuando el hierro es recto, pero en vez de filo tiene multitud de dientes pequeños muy iguales, se le llama

cepillo de dientes y es muy usado por los ebanistas para pulimentar maderas muy duras, á cuyo efecto el hierro debe colocarse tanto más derecho cuanto más dura sea la madera.

El cepillo curvo (fig. 100), se emplea para superficies cóncavas, y es de iguales condiciones que el de la fig. 98. El de la fig. 101 sirve para superficies convexas; tanto el uno como el otro deben arreglarse en cada caso á fin de que su suela tenga la curvatura especial de la pieza que se quiere labrar.

El cepillo redondo ó copado (fig. 108), cuyo hierro es el de la fig. 109, sirve para acanalar ó abrir superficies cóncavas.

Con el cepillo bocel (fig. 110), y su hierro (fig. 111), se producen superficies convexas y se da curvatura á las aristas de las piezas.

El de la fig. 117 está construído con el especial objeto de formar el borde de los peldaños de las escaleras.

Estos cinco cepillos y sus semejantes deben trabajar con muy poco hierro para evitar que éste penetre mncho en la madera, porque entonces no se podría hacer marchar la herramienta y además estropearía la madera considerablemente.

La fig. 102 representa el cepillo titulado *guillame*, cuyo hierro es el de la fig. 103. Cuando las aristas de una pieza de madera se cortan con ayuda del formón, formando dos planos en ángulo recto, se rectifican y acaban de profundizar éstos con el guillame, cuyo fuste es estrecho y tiene su hierro del mismo ancho por la parte del corte, pero estrecho por la superior á fin de poder introducirlo por abajo y sujetarlo con la cuña *g* que ocupa toda la escopleadura, ya que la viruta debe salir por la cavidad circular *b* abierta de una á otra cara lateral como también la *luz*. Se aprieta la cuña como en los demás cepillos, pero para aflojarla tiene la muesca *g* en la que se golpea con el martillo á fin de evitar el golpear en el fuste que, como tiene poco espesor, se destruiría pronto.

El guillame se maneja lo mismo que el cepillo y también puede dirigirse de lado con objeto de cepillar los dos planos del rebajo sin mover la pieza. Deben tenerse varios de diferentes espesores.

Para machihembrar ó sea para abrir ranuras y hacer lengüetas en los cantos de las tablas que deben ensamblarse de esta manera, existen varias clases de cepillos. El de la figura 106 con su hierro (fig. 105), sirve para hacer lengüetas; tiene el hierro dividido en dos para que, obrando sobre el canto de la madera, dejen en el centro la lengüeta que sirve para el ensamble; la parte *p* del fuste sirve de guía que se apoya en la tabla; con la *q* se consolida la herramienta; la cuña *g*, la montura de ésta y la cavidad *b* están dispuestas como en el guillame. Con el de la fig. 104, cuyo hierro es el 107, se abren las ranuras correspondientes á la lengüeta que forma el anterior; su construcción es parecida á aquélla, el hierro debe tener el mismo ancho que la parte hueca del 105; su construcción es también semejante á la del guillame y á la del anterior, con el que ha de estar siempre unido, por la correspondencia que existe entre ambos, formando por lo tanto un juego de machihembrar. Los hierros deben sobresalir algo por los costados ó caras de la ranura y de la lengüeta, para que no tropiecen contra la madera y que el hierro pueda cortar en toda la anchura del filo cuando se trabaja con ellos. Ambas herramientas á veces forman una sola, montadas en un fuste único más grueso; una guía central separa los hierros que están colocados en sentido contrario, á fin de poderlos hacer servir invirtiendo sólo la posición del fuste. También se hacen de dos piezas movibles cuando se quiere que la ranura ó la lengüeta se hallen á distancia diferente de la arista de la madera por medio de un juego parecido al de la fig. 119 ó

de la 120, en los que se ve que una de las partes corre á lo largo de una espiga *b*, que se sujeta por medio de una cuña en la posición que se cree conveniente.

Estas herramientas son modificaciones del guillame; las de las figs. 104 y 106 deben emplearse en línea recta y sólo al hilo de la madera. Para abrir ranuras, á contra hilo debe llevar el cepillo en sus caras laterales unas cuchillas afiladas que preceden al hierro principal para que corten las fibras á los dos lados de la ranura y eviten que se astillen los costados de la misma. Una ranura curva exige que la herramienta tenga la misma curvatura y además es preciso colocar una guía formada por un listón, que se coloca según el contorno que ha de tener la ranura. Estas herramientas se construyen también completamente metálicas y son de gran precisión y ajuste; como es consiguiente, su coste es mucho mayor que el de las de madera.

Los carpinteros que se ocupan exclusivamente en la construcción de entarimados emplean los machiembradores de las figuras 115 y 116 de la lámina 8.ª, que se diferencian poco de los anteriormente descritos; en el de la 115, que hace la lengüeta, se observa que en vez de un hierro único existen dos que pueden moverse independientes el uno del otro.

Además del de la fig. 117 emplean los carpinteros de taller el de la fig. 118 para canalar; y para hacer ensambles y molduras usan las diferentes herramientas que se ven en las figs. 119 hasta la 125 inclusive, que no necesitan descripción por verse desde luego cual es su destino y la manera de emplearlas. El número de herramientas de esta clase para hacer molduras es infinito y obedece su construcción al capricho ó á la moda; cada una de ellas toma el nombre de la forma especial de la moldura que ejecuta. En las figs. 126 á 137 se ven diferentes formas de las molduras más usuales ó conocidas, vistas sólo en sección.

HERRAMIENTAS PARA TALADRAR

En un principio las herramientas de taladrar sólo tenían por objeto abrir en la madera un agujero suficiente para colocar un clavo, tornillo ó pasador, que introducido directamente en ella, hubiera obrado á modo de cuña, rajando la pieza ó deformándola, pero en el día esta clase de herramientas sirven también para preparar el trabajo que deben hacer otras, como sucede cuando se quiere practicar una escopleadura en una pieza, pues en este caso, después de señalado el lugar del hueco, se hacen con un taladro de suficiente diámetro varios agujeros que le aligeran de su madera y puede concluirse de rectificar y perfeccionar la obra con el formón. La forma de estas herramientas puede ser muy diversa según sea la resistencia de la madera y el diámetro del agujero que se trate de abrir; los más sencillos son las barrenas de diferentes tamaños y gruesos; á los berbiquíes y aparatos semejantes se les adaptan taladros triangulares, de tres puas, de cuchara, de dos puas y cuchara, de doble hélice y de otras varias especies.

La fig. 92, lámina 6.ª, da á conocer una *barrenita* que se usa para abrir agujeros en los que se deben hacer entrar clavos, tornillos pequeños, puntas de París, etc. Se compone de una pequeña varilla de acero acanalada en su tercio inferior ó sea en forma de gubia, que termina en el gusanillo ó hélice cónico, que es la punta que horada la madera; la gubia corta la madera y extrae las pequeñas virutas al sacar el instrumento al exterior; por la parte superior termina en una espiga que encaja en la manija de madera de boj *b*. Se necesita muy poco esfuer-

zo para hacer penetrar esta pequeña herramienta en la madera por rotación, y cuando ha penetrado algunos milímetros por presión, se introduce por sí misma con solo dar vueltas á la manija ó empuñadura. Los carpinteros tienen varias de diferentes calibres. La fig. 93 es otra barrenita muy semejante á la anterior del mismo efecto aunque la rosca se halla dispuesta en otra forma. También se da á algunas de estas herramientas en su punta la forma de hélice de la fig. 83.

Los *taladros* (fig. 81) son unas barrenas de mayor longitud, la rosca *a b* es de acero en forma de gubia que termina en una especie de cuchara *m n o*, con un corte *p*, cuyo bisel es interior, el resto *b c* es de hierro y se ajusta por medio de una espiga rectangular á la empuñadura de madera dura *d e*. Como se deben tener varias herramientas de esta clase se construyen de modo que en vez de la espiga *c*, termine el hierro en un ojo ó anillo, en el que se pasa un palo redondo que sirve de empuñadura y puede con facilidad desmontarse para poner otro taladro diferente, con lo que basta una sola empuñadura para varios taladros y embarazan menos cuando es necesario transportar la herramienta de un punto á otro. Se manejan estos taladros como las barrenas, pero es preciso emplear ambas manos para vencer la resistencia de la madera y algunas veces es preciso preparar antes el agujero con una gubia de las dimensiones suficientes para que entre el extremo del taladro. Estas herramientas deben tenerse de diferentes dimensiones para preparar los huecos de las escopleaduras, abrir agujeros para las cabillas ó cuñas y para los pernos ó pasadores que han de sujetar las grandes piezas de madera que componen las armaduras y otras construcciones. La fig. 82 da á conocer una rosca de trépano que se monta como la del taladro y se usa de manera parecida para abrir agujeros de mucho diámetro; el gusanillo penetra desde luego en la madera y la hoja *x y* se abre enseguida paso con los cortes laterales, pero se necesita ejercer bastante fuerza sobre la empuñadura para que muerdan la madera. La figura 83 es la rosca del taladro llamado inglés, cuyas dos espirales terminan en corte en su extremo *a*; el gusanillo *c* penetra en la madera y abre paso á la rosca. Se monta este taladro como los anteriores y tiene el mismo empleo que el de la fig. 81, pero con la ventaja de que los agujeros resultan perfectamente cilíndricos y cuando se maniobra con la herramienta no es preciso extraer de cuando en cuando el taladro, para poder sacar las virutas, que durante la operacion ascienden por el hueco de las espirales empujadas por las que sucesivamente va formando la herramienta en el fondo de la cavidad. Se hallan en el comercio esta especie de taladros de todas dimensiones, con su ojo ó anilla para pasar la empuñadura según se ha dicho anteriormente.

El *Berbiquí* es una especie de manivela acodada que sirve para dar movimiento rápido á roscas en forma de barrenas, trépanos, taladros, gubias, etc., con objeto de abrir agujeros, para lo que se apoya en el pecho el mango *d* (fig. 84) dando movimiento al codo *b* con la mano derecha alrededor del eje *d p* del instrumento. La parte *a b c* es de una sola pieza de madera, el mango *d* entra en una cavidad cilíndrica *e f* en la que puede girar con facilidad, la otra parte *c* tiene una escopleadura cuadrada en la que se fija la pieza *g* en la que se asegura en una cavidad, también de sección cnadrada, el taladro ó gubia *h*. Este instrumento es de gran fuerza pero es más generalmente usado el berbiquí de la fig. 85, lám. 7.ª, cuyo brazo acodado es todo de hierro, menos el mango y la pieza giratoria *a*, que se empuña con la mano derecha, y suprime de este modo el rozamiento inevitable en el berbiquí de madera figura 84. Tanto al uno como al otro se pueden adaptar infinidad de roscas para

agujerear, pulir, fresar, etc., figurando entre las más usadas por los carpinteros las de las figuras 86, 87 y 88, así como también las de la forma en la fig. 82 y 83 ya descritas. La de la fig. 88 se conoce también con el nombre de rosca inglesa.

El berbiquí comunica á la rosca ó broca un movimiento circular continuo, pero otros instrumentos de especie parecida, que se emplean también para taladrar, producen un movimiento circular alternativo, y por lo tanto las brocas deben tener sus bocas ó filos simétricos y de modo que corten en las dos direcciones que les imprime el instrumento. El de la fig. 89 se emplea para agujerear cuerpos muy duros como los metales, el marfil y otros que se incrustan ó colocan en forma de escudetes ú otros adornos en las obras finas de ebanistería, sujetándolos por medio de puntas ó tornillos que entran en los agujeros que previamente se hacen con este instrumento, el cual se compone de un eje de hierro en cuyo extremo inferior se coloca la broca sujeta por un tornillo; en la parte superior tiene un agujero por el que pasa una cuerda ó correa cuyos dos extremos se atan á los de otra pieza perpendicular á la primera, que deja pasar ésta por una holgada cavidad cilíndrica dispuesta al efecto; el movimiento de arriba abajo de esta pieza, comunicado por la mano, impulsa el eje cada vez que la correa se enrosca y desenrosca en él haciéndole girar rápidamente en uno ú otro sentido, sirviendo como de volante un disco fijo y perpendicular al eje que se halla colocado sobre el extremo porta-broca. Los dos taladros de las figuras 90 y 91 son de manejo más sencillo y se les comunica el movimiento alternativo por medio de un arco ó ballesta, cuya cuerda se enrolla en la garganta de la polea que se ve en la parte media del primero y sobre el porta-broca del segundo; ambos tienen aplicación parecida á la del anteriormente descrito. También se usan unos taladros provistos de un engranaje de ángulo que por medio de una manivela comunica un movimiento circular continuo á la broca, su manejo es más fácil que el de los tres últimos y tienen sobre éstos la ventaja de que pueden emplearse para abrir agujeros en ángulos entrantes y otras posiciones en las que no es posible operar con aquellos.

LIMAS

Como se ha dicho ya, emplea el carpintero la lima triangular y la redonda para afilar los dientes de las sierras; estas limas tienen el grano en forma de rombos producidos por rayas diagonales, abiertas en dos direcciones opuestas como todas las que se emplean para limar los metales, pero las que bajo el nombre de *raspas* ó *escofinas* se emplean en la madera, están cubiertas de dientes triangulares salientes y agudos algo oblicuos y todos en la misma dirección; estos dientes pueden ser más ó menos finos, según la calidad de la madera que se ha de labrar. Las formas de estas limas varían también según el trabajo que se deba ejecutar; el carpintero debe tenerlas planas, redondas y medias cañas; por lo general son más anchas cerca del mango que en su extremo, que puede terminar en punta como la fig. 77 ó en forma recta como la fig. 76; estas dos escofinas ó raspas deben tener un mango como las de las figuras 71 y 72 para poder empuñarlas y todas obran en una sola dirección, según la forma ya descrita de sus dientes.

MANERA DE AFILAR LAS HERRAMIENTAS CORTANTES

El filo de los formones, escoplos, gubias, cuchillas de los cepillos y demás herramientas se desgastan con el uso; además, las herramientas salen, por lo general, de las fábricas con el corte preparado pero sin afilar, lo que obliga al carpintero á ejecutar por sí mismo esta operación absolutamente necesaria y llevarla á cabo con mucho cuidado y perfección, si quiere obtener obras bien concluídas empleando la menor cantidad posible de tiempo. No basta la habilidad y la inteligencia, se necesita reunir á estas circunstancias buenas herramientas, bien preparadas y conservarlas siempre en buen estado de servicio.

Para afilar las herramientas se emplea una piedra de arenisca roja, de grano fino é igual y regular dureza, llamada asperón ó piedra molar cortada en forma de rueda, de 0,45^{m} á 0'60^{m} de diámetro y unos 0'07^{m} de espesor, que gira verticalmente alrededor de un eje de hierro que la atraviesa y está montada en un cubillo de madera ó fundición que contiene agua en la que se halla sumergida una parte de la piedra; el eje en la parte exterior al cubillo está acodado en forma de manubrio, y puede ser movido á mano por un muchacho, ó bien lo impulsa con el pie, por medio de un pedal, el mismo operario que afila; también puede colocarse una polea fija al eje en la que se arrolla una correa ó cuerda sin fin que comunica el movimiento á la muela con el auxilio de una rueda de gran diámetro. Algunas veces la muela se coloca en posición horizontal y gira alrededor del eje que debe ser vertical como los tornos de alfarero, ó bien se tiene fija é inmóvil en dicha posición, teniendo cuidado de que vaya cayendo poco á poco una pequeña cantidad de agua sobre la parte en la que se afila la herramienta, para evitar que el acero de ésta, con el roce, se caliente hasta el punto de perder el temple y también para que la piedra no se use rápidamente y produzca un polvillo incómodo que se introduce en los ojos, las narices y la garganta del operador causándole á veces hemorragias. En cualquier posición de las citadas que se halle la muela se presenta el bisel de la herramienta á fin de sacarle filo, paseándolo por toda la superficie de la piedra para evitar que ésta se gaste desigualmente y se produzcan en ella surcos que á su vez darían forma curva ú ondulada al corte de la herramienta inutilizándola; es preciso que tanto ésta como la muela se gasten respectivamente por igual. Algunas herramientas deben tener el filo algo arqueado, lo que se consigue con un poco de costumbre y habilidad. En todos los casos debe sentarse bien sobre la piedra el bisel de la herramienta de modo que éste forme un ángulo próximamente de 30 grados con su plano; para las maderas duras debe ser mayor este ángulo y menor para las muy blandas ó flojas.

Las herramientas de un solo bisel deben afilarse sólo por éste para que el filo ó corte se halle en la cara plana. Las de dos biseles deben afilarse por los dos de una manera igual y de modo que aquéllos sean más anchos que en las de un solo bisel; ambos biseles deben formar entre sí un ángulo de unos 30 grados y ángulos iguales con las caras de la herramienta.

Se fabrican muchas artificiales más compactas y resistentes que las naturales, aglomerando y comprimiendo arenas cuarzosas, sílice ó pedernal machacado, esmeril ú otra materia semejante con cauchuc ú otra goma parecida; estas muelas pueden tener el grano tan fino como se desee, según la clase de herramientas que se quiera afilar con ellas, graduando las proporciones de la mezcla y la finura de sus componentes.

La mezcla deja en el corte ó filo de las herramientas una especie de rebaba compuesta de infinidad de pequeños dientes, que se doblan con facilidad é impiden pueda cortarse con igualdad la madera; para lograr esto se necesita afinar el corte de la herramienta con la piedra calcárea, compacta, de grano muy fino llamada piedra de afilar ó de afinar, piedra de aceite, etc., la cual se usa de forma plana y rectangular encajada en un trozo de madera para conservarla mejor y evitar que se quiebre, pues esta clase de piedras tienen por lo general poco espesor y son bastante caras, consiguiéndose con dificultad lograr tener una con todas las circunstancias necesarias y en caso de lograrlo son muy estimadas. Para afinar las herramientas se echan en la piedra algunas gotas de aceite de olivas y se pasa el bisel de la herramienta por ella bien sentado con un movimiento suave, sin levantarlo hasta que han desaparecido las asperezas dejadas por la muela, y el filo resulta bien igual y derecho ó con la curvatura que se necesite. Se prueba por lo general el corte en la epidermis interior de la mano izquierda, conceptuándose se halla el filo á punto cuando con él se logra levantar ligeramente una pequeña parte de dicha epidermis.

Las gubias y demás herramientas cuyos cortes están en curva no se pueden afilar en la muela circular ni en la plana, y es preciso formar unos cilindros, ligeramente cónicos por la punta, de asperón, con lo que se arregla interiormente el corte de dichas herramientas; también se preparan lo mismo las piedras de aceite para afinarlas. Algunas de estas piedras se preparan en ángulo por exigirlo así la forma de la herramienta que se quiere afilar. Cuando el bisel de la gubia es exterior se afila lo mismo que las herramientas de corte recto, moviéndola con igualdad, en todas direcciones.

El acero de las herramientas está convenientemente templado y tiene la dureza proporcionada al trabajo que debe hacerse con aquella. Se le da el temple calentando el acero al rojo, introduciéndolo así en agua ó aceite; el temple resulta flojo ó blando cuando se ha calentado poco el acero y por el contrario cuando se ha calentado demasiado, el temple es fuerte en exceso y el acero resulta quebradizo, desbocándose con facilidad el filo de la herramienta; en el primer caso debe repetirse la operación calentando la pieza lo necesario y volviéndola á sumergir en agua ó aceite; en el segundo debe colocarse sobre cartones encendidos hasta que llegue al color azul retirándola enseguida, pues pasado este punto se destruye por completo el temple y la herramienta queda inservible.

Para quitar el moho ú orín á las herramientas se forma una pasta con 25 gramos de piedra pomez, 25 de esmeril, 100 de buen ladrillo molido muy fino, y 200 de arcilla bien pura; se deslíen y amasan bien estos cuatro componentes y se hacen con esta pasta cilindros que se dejan secar bien, los que sirven para frotar el moho que la humedad forma en el acero.

Para evitar que las herramientas se enmohezcan pueden calentarse bien sin introducirlas en el fuego y se les cubre después con una capa de cera blanca, que vuelve á presentarse al fuego, y al derretirse se enjuga la herramienta con un paño. Es preferible limpiar la herramienta con legía y cubrirla con una capa de una mixtura compuesta de una capa de barniz copal y dos de esencia de trementina que se aplica con una esponja fina.

BANCOS, PRENSAS Y OTROS INSTRUMENTOS AUXILIARES

Los carpinteros de obras de afuera ó de armar, tienen que manejar piezas de mucho volumen que colocan sobre polinés, caballetes ó borriquetes, y adquieren estabilidad por su propio peso; pero cuando las piezas tienen menores dimensiones y deben labrarse, es preciso sujetarlas para que no varíe su posición con los golpes ó empujes que reciben al emplear en ellas las herramientas, y colocarlas á una altura conveniente, para que el obrero no se vea obligado á trabajar en una posición incómoda. Una vez labradas, es preciso ensamblar y encolar algunas piezas, para cuyo ajuste ó unión debe emplearse mayor fuerza que la que puede desarrollar una persona y mantenerlas en una posición fija durante un cierto tiempo, lo que hace necesarias prensas especiales apropiadas á caso particular de los muchos que se le presentan al carpintero.

El *banco de carpintero* (lám. 10) es indispensable á cuantos emplean como primer material la madera, variando muy poco en su forma para todos los ramos de la carpintería, y sí sólo en sus dimensiones especialmente en su longitud, que para ser de unos tres metros en los mayores, los demás no se detallan ya, pues las figuras 1, 2 y 3 hechas á escala dan una idea general de estos bancos ó mesas compuestos de una tabla horizontal de madera bien fuerte y plana por su cara superior, sostenida por cuatro patas sólidas de encina ú otra madera resistente ensambladas á doble espiga con el primero; las dos patas situadas en el lado en que se halla siempre el obrero para trabajar tienen una posición vertical, las opuestas se colocan algo oblicuas para que la mesa presente más base y resista mejor á los empujes laterales, contribuyendo á dar fijeza y solidez al conjunto los cuatro travesaños que unen las patas por la parte inferior. El frente del banco siempre se deja abierto, y sólo se ve en él, por lo común, un cajón para guardar clavos, tornillos, herramientas y objetos menores que conviene tener á mano, los otros tres frentes se pueden cerrar con tablas, así como también el fondo formado con los cuatro travesaños, y se tiene de esta manera una especie de armario en el que se coloca la garlopa y demás herramientas de gran tamaño cuando no se tiene que hacer uso de ellas, logrando al mismo tiempo dar más fuerza y unión á todas las piezas que componen el banco.

En el tablón superior se abren varios agujeros que sirven para colocar el barrilete, pieza de hierro con que se sujetan las piezas para que no se muevan, el cual puede ser sencillo como el de la fig. 144, lám. 9, ó bien con un tornillo, fig. 145, que sirve para apretar la pieza y evitar dar con este objeto un martillazo en la unión de la espiga recta con la parte curva; también se hacen de báscula ó sea una pequeña pieza de esta especie que se pone en vez del citado tornillo. En la pata delantera de la derecha que se ha suprimido en el dibujo se hacen también dos ó tres agujeros horizontales, que sirven para colocar unas clavijas de madera para sostener las tablas que se trabajan de canto sujetándolas al efecto con el tornillo. Este puede ser todo de madera ó de hierro ó de ambos materiales. El tornillo es una pieza vertical compuesta de una pata del banco y de otra pieza paralela de madera, que hace efecto de mordaza, unidas ambas por un tornillo, cuya rosca es un doble helizoide gancho, que penetra en una hembra de la misma forma abierta en la pata del banco, atravesando libremente la pieza paralela por una cavidad cilíndrica; la cabeza del tornillo tiene mayor diámetro que dicha cavidad y se halla atravesada, según su diámetro, por una cavidad también cilíndrica, en la que se

coloca una pieza cilíndrica, que sirve como manija para hacer girar el tornillo, cuya pieza tiene en sus extremos dos botones que impiden su caída; en la parte inferior de la pieza móvil, se halla encajado un listón de sección rectangular, que penetra en una escopleadura abierta en la pata del banco, con objeto de que la primera conserve su posición vertical y servirle de guía; á pesar de esto, cuando se oprime entre ambas por la parte superior una pieza cualquiera con el tornillo, la pieza movible toma una posición oblicua, y tiende á unir su extremo inferior con él en la pata del banco, lo que hace que obren poco ambas sobre la pieza que se quiere asegurar, la que queda sujeta sólo por su parte inferior, cabezeando la superior, que es la que se ha de labrar, y al mismo tiempo el filete del tornillo padece, todo lo que se evita añadiendo, como en el tornillo ó prensa de la fig. 4, otro tornillo en su parte media, que se deja libre mientras que se coloca la tabla ó pieza objeto del trabajo, dando después vueltas á la plancha que se ve en el centro del tornillo, hasta que se apoya en la pata del banco, y conserva entonces paralelas las dos mordazas que componen la prensa.

Para evitar que las tablas y piezas que se cepillan á lo largo sigan el impulso que se da á la herramienta, se usa el garabatillo, que es una plancha de hierro con dientes sujeta á un taco de madera de sección rectangular, que entra por rozamiento en una escopleadura abierta en el grueso del tablón superior, y la que puede hacerse subir ó bajar con un golpe ligero de martillo para que los dientes de la plancha se claven en el canto de la tabla que se labra, pero de modo que no pase de la cara superior de esta última para que la garlopa ó cepillo pueda pasar por encima y corra sin tropiezo por toda la superficie de la madera. Se ve el garabatillo al lado de la prensa ó tornillo del banco.

En el canto del tablón del banco (fig. 2) se ve un listón de madera, sujeto por tres ó más topes, que deja una ranura entre el listón y el banco, la cual sirve para colocar los formones, serruchos y demás herramientas que deben tenerse á mano, logrando así que no estorben sobre el tablero del banco, y al mismo tiempo que no se caigan al suelo y conserven el corte ó filo en perfecto estado de servicio, lo que no sucedería tropezando las herramientas unas con otras.

Se han ideado muchas disposiciones para los bancos de carpintero, pero todas ellas son complicadas, costosas y propias sólo para aficionados; el verdadero carpintero necesita un banco sólido, fuerte, sencillo y de poco coste, que pueda trasladarse con facilidad y colocarse, aunque sea á la intemperie, sin temor de que ninguna de sus partes se descomponga ó destruya.

Para sujetar ó comprimir piezas pequeñas, especialmente para encolarlas, se emplean prensas de mano de diferentes dimensiones, parecidas á la de la fig. 143, lám. 9.ª Cuando las piezas son mayores se usan prensas como la de la fig. 139, lám. 8.ª, en la que los tornillos se hallan fijos á un trozo de tablón bien acepillado y escuadrado, que es el de la parte inferior; por la parte superior de dichos tornillos entra otro trozo de tablón, igual al anterior, por medio de dos cavidades cilíndricas mayores que las roscas, y una vez metidas entre ambas las piezas que se quieran sujetar, se aprieta el conjunto por medio de unos tacos que se ajustan á rosca á cada tornillo. Para piezas mayores sirve la prensa de la fig. 138, lám. 8.ª, en la que el tablón inferior entra holgado por dos cavidades ó escopleaduras cilíndricas, y los tornillos se ajustan á rosca al tablón superior á medida que se les hace girar por medio de un pasador que se introduce en los agujeros que se observan en las cabezas situadas en la parte inferior de los tornillos. A veces se forma un marco ó bastidor con las dos pie-

zas paralelas escuadradas y con otras dos que se ensamblan con aquellas por sus cabezas; entonces los tornillos entran á rosca por una de las primeras, á la manera que el de la fig. 143, y oprimen contra la otra las maderas que quieran ajustarse.

Cuando los ensambles ó ajustes se hacen de canto, á ranura y lengüeta, á media madera ó de otra forma, se emplean las cárceles de madera de la lám. 9.ª (figs. 138, 139 y 141), ó las de hierro (figs. 140 y 142). La vista de dichas figuras da á conocer su forma y modo de obrar, por lo que no es necesario describirlas.

CAPITULO VIII

EXPLOTACION Y PREPARACIÓN DE LA MADERA

Los bosques se forman de diferentes maneras, y según el sistema de cría y reproducción de los árboles deben explotarse y proceder á su corta y aprovechamiento.

La explotación se lleva á cabo por cortas generales, entresacando ó por cuarteles, según que los árboles que componen un bosque hayan alcanzado todo su máximo crecimiento, algunos de ellos en particular, ó bien porciones ó grupos determinados. En la explotación por corte general de un bosque se apean todos los árboles sin distinción de altura, grueso ni edad, principiando en los límites más próximos á los caminos que lo rodean ó atraviesan, los cuales debe evitarse el obstruirlos, y es conveniente proceder con orden para no aglomerar los troncos y demás productos de la explotación en puntos en los que impidan la salida de los demás. Cuando se quiere desmontar por completo el bosque para dedicarlo á otra clase de cultivo, es preciso arrancar hasta las raíces de los árboles que lo forman sin dejar ni los más pequeños, pero cuando sólo se quiere convertirlo en monte-taller, se cortan los troncos por encima del tocón á fin de que de éstos salgan los renuevos que han de repoblar el bosque. Otras veces se procede por elección, y sólo se apean aquellos árboles que han alcanzado completo crecimiento y llenan las condiciones necesarias para el objeto á que se les destina.

La explotación del monte-taller se hace por cortes anuales dividiendo el bosque en cuarteles, cada uno de los cuales se corta por completo, reservando sólo algunas veces los ejemplares más vigorosos. Los cortes anuales se hacen cada cinco ó siete años, no pasando nunca de veinticinco á treinta. El bosque se divide de modo que cada año se corten cierto número de cuarteles y que todos éstos tengan un turno á tiempo fijo.

El corte ó apeo de los árboles se hace de diferente manera:

1.° Se apea el tronco con su cepa ó tocón pero separando las raíces.

2.° Se procede al arranque del tronco con su cepa y todas sus raíces.

3.° Se corta el tronco por encima del tocón con el hacha ó con la sierra, pudiendo arrancar separadamente la cepa con todas sus raíces ó dejarla para que produzca renuevos,

Para ejecutar la 1.ª operación se cava la tierra que rodea la cepa del árbol y se van cortando con el hacha ó la sierra todas las raíces que le aseguran al terreno; concluída esta operación, se derriba el árbol de modo que cause menos perjuicios á los demás que se hallen próximos, á cuyo efecto se emplean cuerdas; al caer arrastra consigo la cepa. Para extraer las raíces del suelo deben echarse en el hoyo que ha dejado la cepa las tierras excavadas, que de esta manera no estorbarán después al hacer otras excavaciones para apear los demás árboles.

Los árboles cuya cepa es fusiforme, es decir, aquellos cuya raíz principal penetra vertical y muy profundamente en tierra, pueden apearse con parte de dicha raíz á fin de aprovechar por completo la madera del tronco del modo siguiente: se cava alrededor de la cepa lo necesario, sólo para poder cortar las raíces laterales, de modo que el árbol se aguante únicamente sobre su raíz principal; se pasan por debajo de ésta cadenas ó cuerdas resistentes, y por medio de gatos ó palancas se levanta verticalmente el árbol hasta conseguir arrancarlo, haciéndolo caer por medio de cuerdas al lado que más convenga.

Cuando se quiere emplear el 2.º método, ó sea arrancar el árbol con todas sus raíces, se hace una excavación dejando al descubierto los brazos principales de las raíces que van levantándose sucesivamente por medio de cadenas y cuerdas, empleando al efecto palancas, gatos, tornillos y cabrias, principiando por las más débiles; concluída esta operación, se pasan también cadenas por debajo de la cepa principal y se tiende el árbol en el lado que se haya escogido. Se emplea este método cuando se quiere desmontar por completo el bosque y convertirlo en tierras de labor libres de raíces que impidan el uso del arado.

Pueden arrancarse también las cepas por medio de la pólvora. Para esto se cava la tierra alrededor de la cepa y de sus raíces para disminuir la resistencia del suelo; se coloca bajo la cepa un morterete de bronce de base muy ancha, que se coloca sobre una gruesa plancha de madera todavía más ancha; se coloca la carga y se cubre el morterete con una plancha gruesa de fundición que se asegura bajo la cepa con fuertes cuñas, á fin de que la explosión de la pólvora obre directamente sobre ella; se da fuego por medio de una mecha lenta que dé tiempo para alejarse lo necesario. Si el árbol no cae inmediatamente, queda poco que hacer para poder derribarlo enseguida.

Cuando se han cortado los árboles de un bosque por la base del tronco, dejando en tierra las raíces, pueden removerse y facilitar su extracción por medio de la dinamita que se coloca, en cantidad suficiente, bajo el eje principal de dichas raíces, de modo que el esfuerzo de la explosión, obre contra su superficie inferior. Para arrancar una vieja encina, de un metro de diámetro asegurada al terreno, por tres gruesas raíces de un diámetro de 0'30^{m} á 0'40^{m}, que partían del tronco, se empleó una carga de 400 gramos de dinamita, que produjeron una violenta y ruidosa explosión, desprendieron casi por completo las raíces y rajaron el árbol por cuatro aristas, hasta su parte más alta, después de levantar la masa y el terreno próximo. Las raíces sueltas de menores dimensiones sólo necesitan, para ser removidas, una carga de 100 á 150 gramos de dinamita. Se produce la explosión de la dinamita por medio de mechas que terminan en una cápsula de fulminante, que se introduce en ella. La dinamita puede quemarse al fuego sin que se produzca explosión, por lo que es menos peligroso su manejo que el de la pólvora, aunque sus efectos son diez veces más poderosos que los de ésta última.

El tercer método es el más usado. Dos hacheros con hachas, cuya hoja suele tener una longitud de unos 0'40^{m} centímetros, una base de unos 0'10^{m} centímetros y un man-

go de 0'60^m, hacen entalladuras en la base del tronco por dos puntos opuestos y en la dirección que se quiere que caiga el árbol, debiendo pasar una de ellas del corazón para evitar que al caer se produzcan astillas que perjudiquen la madera. Se fija el árbol al terreno, por medio de una cuerda atada á la copa y se atiranta hacia el lado al cual se quiere verificar la caída. Con la sierra de la fig. 54, lám. 4.ª, se puede también ejecutar esta operación, aprovechando mejor la madera del tronco, pero resulta más cara; como el corte debe hacerse lo más cerca posible del suelo, se abre á cada lado del árbol un hoyo bastante profundo, para que los dos serradores puedan colocarse en ellos y manejar la sierra á la altura que se quiere dar el corte; á medida que la sierra adelanta y llega al corazón, se van colocando cuñas en la hendidura, para que el peso del árbol no oprima la hoja de la sierra; anteriormente debe haberse dado otro corte de sierra en la parte opuesta del tronco. El árbol se sostiene por medio de vientos formados por cuerdas, que después sirven para derribarlo al lado que más convenga. La sierra que se emplee ha de tener los dientes tanto más pequeños, cuanto mayor sea la dureza de la madera.

Para amortiguar algo en la caída el efecto del choque, no se desraman los árboles, y después de apeados, se dejan una semana con todas sus hojas colocados sobre troncos ó caballetes, para que se sequen, pasado cuyo tiempo se descortezan y se les corta el ramaje.

La corta por el tercer método cuesta la mitad que por el segundo y la dozava parte que por el primero.

Al descubrir la sierra Ransome (lám. 11), se ha dado á conocer la manera de apear con ella los árboles, y el grande ahorro en trabajo, tiempo y producto maderable que se obtiene con su empleo en las grandes explotaciones forestales.

También se puede emplear la dinamita para apear los árboles, formando una salchicha que se aplica á una ligera entalla abierta en toda la circunferencia del tronco, y la explosión produce un corte transversal tan limpio como el que se ejecuta con la sierra. A un álamo negro, cuyo tronco tenía un diámetro de 0'50^m, se le ciñó en toda su circunferencia una salchicha en tela fuerte, que contenía un kilogramo de dinamita, y á la explosión de ésta, se desplomó el árbol presentando las dos superficies de separación completamente lisas. En la operación se emplearon sólo algunos segundos.

La electricidad se emplea para cortar los árboles, aprovechando la propiedad que tiene la corriente eléctrica de poner incandescente un hilo de platino que corta en este estado la madera, como un alambre fino corta el jabón, sin producir serrín y carbonizando las superficies de la sección cortada, lo que contribuye á la conservación de la madera.

Para que las maderas resulten de excelente calidad y gran duración, es preciso cortar el árbol en el momento en que llegue á alcanzar su completo desarrollo, y antes de que se estacione para entrar en la decrepitud, cuya época puede conocerse por la inclinación de las ramas, teniendo en cuenta que en la primera edad del árbol, las ramillas se presentan casi verticales y forman con el tronco un ángulo de diez grados, al paso que las ramas inferiores lo forman de cuarenta; á medida que el árbol crece aumenta este ángulo, y cuando alcanza todo su desarrollo, llega á ser de cincuenta á sesenta grados, por efecto del peso de las ramas, conservándolo mientras permanece estacionario y llegando á setenta cuando ya entra en la decrepitud. La manera particular de ramificar de algunas especies modifica en parte esta regla. La duración de la madera depende también de las condiciones en que se haya criado el árbol, de su

estado en el momento de la corta, de la época en que ésta se verifica y de la manera de aprovechar y conservar la madera una vez apeado el árbol.

No se ha determinado de una manera fija cuál es la época del año más favorable para verificar la corta ó apeo de los árboles; cada país, según sus condiciones climatológicas particulares, ha adoptado cierta época con arreglo á las lecciones dictadas por una larga experiencia. En una localidad se cortan los árboles en verano; en otra, en la primavera, y adoptan otras el invierno por ser la época en que la savia abunda menos ó circula con menor fuerza. Algún observador ha dado á conocer que durante el año hay una época en la cual las fibras de los árboles alcanzan mayor dureza y recomienda que la corta se haga cuando el árbol se halle en todo el desarrollo de su vegetación, aconsejando además dejar al árbol cortado sus ramas y follaje, con objeto de que absorban toda la savia del tronco. A pesar de todo, lo mejor es seguir las costumbres de cada país acreditadas por la experiencia. La opinión más general es que la época mejor para ejecutar la corta de los árboles maderables, principia cuando tiene lugar la caída de las hojas, y concluye al acercarse la subida de la savia, por ser en este interregno menor la cantidad de savia existente en los árboles. Los prácticos en España hacen la corta de las especies frondosas en invierno en los meses de Diciembre y Enero, prefiriendo días despejados en los que reinen vientos fuertes. La mayor parte de las coníferas no están sujetas á esta regla, y pueden cortarse en verano sin inconveniente. En la antigüedad se creía que las fases de la luna influían en la calidad de la madera, según el cuarto durante el cual se hubiera cortado el árbol, pero al presente no se da valor á tales influencias por creerlas inmotivadas.

Labra ó escuadreo de la madera. Los troncos después de cortados se descortezan y se dejan secar durante cinco ó seis meses por lo menos, colocándolos horizontalmente sobre brazos de otros troncos ó maderas que no se aprovechen, pues si se labrasen inmediatamente se rajarían con facilidad.

Se emplean las maderas en rollo, como las produce el árbol, sólo para trabajos toscos ó provisionales, como estacadas, pilotes, y otros en los que las piezas no son visibles ó se quiere que tengan toda su resistencia; en algunos países del Norte se construyen las casas ó chozas exteriormente en esta forma, pero aun en este caso debe labrarse alguna de las caras para que ajusten, y hacer ensambles, que siempre son difíciles si las piezas conservan su forma primitiva. La forma prismática rectangular es la que mejor se presta para unir las maderas entre sí y ensamblarlas con facilidad. La primera operación que se hace con los troncos, es la de escuadrarlos, es decir, hacerles perder su natural figura cónico-cilíndrica y darles otra próximamente igual á la de su paralelepípedo rectángulo, la mayor posible, para que puedan servir como vigas ó jásenas en las construcciones, ó bien convertirlos en viguetas, tablones, tablas y otras piezas, que es como generalmente llega á poder del carpintero la madera para emplearla en las construcciones. Muchas veces el carpintero adquiere las maderas en rollo ó groseramente labradas, y se ve obligado á escuadrarlas ó á relabrarlas para poder sacar el mejor partido posible de ellas, por lo que necesita conocer los procedimientos que se usan en el bosque con tal objeto.

Para labrar con comodidad los troncos y de modo que las herramientas al manejarlas no tropiecen en el suelo, es preciso levantarlos á una altura conveniente y colocarlos sobre dos ó más trozos de tronco algo enterrados y entallados B, B, B, asegurándolos por medio de cuñas C, C, C, como se ve en las figs. 8, 9 y 10 de la lám. 49, según se acostumbra en el bosque; pero en los talleres se

usan en vez de estos trozos, que ocupan mucho sitio é impiden el fácil manejo de las herramientas, piezas escuadradas de madera B, B, B, sobre las que se coloca el tronco A, A, A, sujeto en la posición que se quiera darla con las cuñas C, C, C, figuras 11, 12 y 13 de la lámina 50. Cuando los troncos son de forma curva, se colocan de modo que éste sea paralelo al suelo como en las tres proyecciones, figs. 30, 31 y 32 de la lám. 52. Esta operación recibe el nombre de *entallerar*.

Si el tronco es recto como el de las figuras 8, 9 y 10, debe marcarse en sus cabezas el mayor cuadrado ó rectángulo inscrito que sea posible en la línea de separación de la albura y duramen. En el bosque se marca mayor este rectángulo, como en la fig. 3 de la lám. 49, á fin de que quede más madera en la pieza que sufra los inconvenientes del arrastre, cuando la sacan para conducirla á su destino, y se acostumbra achaflanar las aristas vivas longitudinales; de esta manera el carpintero puede relabrarla en el taller, aprovechando todas las dimensiones, sin que en sus caras ó paramentos se noten los golpes, hendiduras ni agujeros producidos por las piedras y otros cuerpos extraños durante la conducción.

El mayor rectángulo inscrito en un círculo es el cuadrado $a\ b\ e\ d$ (fig. 1, lám. 49), puesto que si se traza el diámetro $a\ e$, diagonal del citado cuadrado, y se inscriben los triángulos $a\ b'\ e$ y $a\ d'\ e$, cada uno de éstos es menor que los $a\ b\ e$ y $a\ d\ e$, por tener la misma base común $a\ e$ y alturas $m'\ b$ y $n\ d'$ respectivamente menores que las $c\ b$ y $c\ d$ de los dos triángulos que componen el cuadrado, cuya superficie total $a\ b\ e\ d$ es por lo tanto mayor que la del rectángulo $a\ b'\ e\ d'$ y cualquier otro que se inscriba en este círculo.

En un cuarto de círculo $f\ c\ e$ (fig. 2), también es mayor el cuadrado inscrito $a\ b\ d\ c$ que cualquier otro rectángulo $a'\ b'\ d'\ c$; las diagonales $c\ b$, $a\ d$ del círculo, son iguales á las $a'\ d'$, $b'\ c$ del rectángulo, pero los triángulos $c\ b\ a$ y $c\ b\ d$ formados sobre la $c\ b$ en el primero, son mayores que los $c\ a'\ d'$ y $a'\ b'\ d'$ formados sobre la $a'\ d'$ del segundo, puesto que los cuatro tienen bases iguales $c\ b$ y $a'\ d'$, pero las alturas $o\ a$ y $o\ d$ son mayores que las $m\ b'$ y $n\ c$; luego la suma de los dos primeros triángulos que forman el cuadrado, es mayor que la de los que componen el rectángulo.

Se inscribe un cuadrado en el círculo trazando dos cuerdas consecutivas como en la fig. 4 y se levantan dos perpendiculares en sus puntos medios, que por su encuentro dan el centro c del círculo, por este centro se trazan, como en la fig. 3, dos diagonales $a\ e$ y $b\ d$ en ángulo recto, y en ellas se toman las longitudes iguales $c\ a$, $c\ b$, $c\ e$, $c\ d$, de modo que los puntos a, b, e, d, se hallen en la albura, para que la pieza quede con mayor escuadría y pueda relabrarse en el taller si la operación se hace en el bosque; el cuadrado se determina trazando las rectas $a\ b$, $d\ e$, $a\ d$, $b\ e$ que se marca en ambas cabezas del tronco para quitar los *costaneros*, que son las cuatro partes longitudinales que se cortan á fin de no transportar peso inútil y manejar con más facilidad las piezas.

Cuando los troncos tienen una sección elíptica como en la fig. 5, no es posible inscribir un cuadrado, y debe tratarse de inscribir el rectángulo de mayor superficie, á fin de aprovechar la mayor cantidad de madera. Si la sección elíptica divisoria del duramen y de la albura del tronco se representa por la elipse $m\ b\ n\ e\ o\ d\ p\ a$ (fig. 6 de la lám. 50), el rectángulo $a\ b\ e\ d$, inscrito en ella y cuyo lado menor $a\ d$ es igual al $a'\ d'$ del cuadrado inscrito en el círculo formado sobre el eje menor de la elipse, es el de mayor superficie. En efecto, las superficies del círculo y de la elipse se hallan en la misma relación que los dos ejes de la elipse $m\ o$ y $p\ n$; la misma relación existe entre el cuadrado $a'\ b'\ e'\ d'$ inscrito al círculo, y el rectángulo $a\ b\ e\ d$, por

lo tanto el cuadrado y el círculo se hallan en la misma relación que el rectángulo con la elipse; y como el cuadrado es el rectángulo de mayor superficie que se puede inscribir en el círculo, resulta que el rectángulo *a b e d* es el mayor que puede inscribirse en la elipse.

Se demuestra también que teniendo el cuadrado *f g h i* circunscrito al círculo y el cuadrado inscrito *a' b' e' d'* sus diagonales *g i*, *b' d'* en la misma línea *i c g* que pasa por el centro, también las tienen en la misma línea *r t* que pasa asimismo por el centro los rectángulos inscritos y circunscritos á la elipse *a b e d* y *g r s t*; además, siendo semejantes estos dos rectángulos, las líneas *a e* y *m n* son paralelas, lo que proporciona el medio de trazar sobre las cabezas elípticas de un tronco el rectángulo que proporciona la mayor escuadría. Para ello (fig. 5) se trazan en la elipse divisoria del duramen y de la albura los ejes *m o* y *n p*, se traza la cuerda *m n* y por el centro una paralela á ésta *a e* que encuentra á la elipse en los puntos *a* y *e* por los que se trazan las *a b*, *e d*, *b e*, *a d* paralelas á los ejes, las que forman el mayor rectángulo de escuadría.

Cuando la sección del tronco es irregular como en la fig. 7, se procede por tanteo, presentando sobre ella plantillas *a b e d*, *a' b' e' d'* cuadradas ó rectangulares de diferentes dimensiones, cuyos ángulos se colocan sobre la línea divisoria de la albura y duramen, y cuyas plantillas se hacen girar hasta que se encuentra la posición que proporciona la mayor superficie posible.

Labra de la madera de hilo. Para labrar un tronco como el A presentado según sus tres proyecciones en las figs. 11, 12 y 13 de la lám. 50, es preciso preparar las cabezas cortándolas perpendicularmente al eje del tronco, si ya no lo estuviesen, con la sierra de la fig. 54, lám. 4; en una de las cabezas, por ejemplo la del lado D, se traza el rectángulo *a*, *b*, *e*, *d*, según se ha dicho, y se clava con dos puntas una regla D, de modo que su canto se ajuste á uno de los lados *a b*; á continuación se coloca otra regla E en la cabeza opuesta y se tira una visual por su canto para ver si se enrasa con el de la regla D; con pocos tanteos se logra alcanzar el paralelismo de ambas reglas, se traza una raya por la E y se coloca otro rectángulo *a' b' e' d'* de modo que un lado sea paralelo á la raya hecha por la E y en este lado se coloca definitivamente la regla E clavándola con otras dos puntas, teniendo cuidado de comprobar primero por medio de una visual si efectivamente el canto de ambas reglas se hallasen en el mismo plano.

La primera regla puede colocarse también ajustada al diámetro *m n* (fig. 14) paralelo á dos de los lados *a b*, *d e*; en el centro de la cara opuesta se clava una punta y en ella se apoya otra regla cuyo canto se hace enrasar con el de la primera D F por medio de una visual tirada á distancia, mientras que otra persona sostiene la segunda regla y la mueve según le indique el que dirige la operación; logrado el paralelismo, se traza una raya por el canto de esta regla y se traza en esta segunda cabeza el rectángulo de escuadría con dos de sus lados paralelos á la citada raya.

En vez de colocar la regla en el diámetro *m n* puede clavarse según la diagonal *b d*, como se ve en la fig. 15, y entonces en la segunda cabeza debe construirse su cuadrado respectivo sobre una diagonal homóloga.

Otro método consiste en trazar la diagonal *b d* (fig. 16), clavar en un extremo una punta *m* y atar en ella una plomada; después se hace girar el tronco sobre su eje de modo que el hilo de la plomada caiga sobre la diagonal *b d*; conseguido, esto se asegura el tronco con las cuñas, y trasladándose el operador á la otra cabeza, se determina su centro y por medio de la plomada se traza otra raya que pase por él, cuya raya determina la diagonal sobre la que se construye el

cuadrado respectivo que debe resultar con sus lados paralelos á los del cuadrado opuesto, lo que se puede comprobar como en el primer caso.

También puede hacerse por el medio siguiente: se traza el rectángulo *a b e d*, fig. 17, lám. 50, y se hace girar el tronco sobre su eje hasta que una plomada *m n* colocada sobre el lado mayor del rectángulo *b e* coincida con éste y se deja en esta posición para poder comprobar si el tronco permanece fijo después de sujeto con las cuñas; en el otro extremo se marca el centro *c* y se hace pasar por él otra plomada *p g*, trazando la raya correspondiente, sobre la que se construye su rectángulo respectivo *a' b' e' d'*, y si la plomada *m n* ha permanecido mientras tanto sobre la línea *b e*, resultarán ambos rectángulos paralelos y determinarán con sus lados homólogos planos longitudinales del paralelepípedo que debe ser la forma definitiva de la madera.

Todos los métodos descritos son igualmente exactos, pero estos dos últimos tienen la ventaja de que una persona sola puede trazar los rectángulos de escuadría, mientras que en los demás se necesita que por lo menos sean dos los operadores.

Una vez trazados los dos rectángulos de las cabezas, no se tendría más que unir los vértices por medio de líneas rectas, y formar las aristas de la pieza, si el tronco fuese completamente cilíndrico y de formas simétricas y regulares, pero las cabezas son de diferente diámetro, el tronco se halla cubierto de albura en toda su superficie, y en ésta se observan protuberancias y desigualdades que dificultan la operación, lo que obliga á labrar primero dos caras longitudinales opuestas, eligiendo siempre las más anchas, y en éstas señalar después las otras dos restantes. Los lados *l e*, *a d* se prolongan hasta *m, n, o, p*, según se ve en la fig. 13, ó hasta los puntos *x*, *y*, *z*, *v*, de las figs. 3 y 5; en el extremo opuesto se marcan también los puntos homólogos *m'*, *n'*, *o'*, *p'*, y uniendo *m* y *m'*, *n* y *n'*, *o'*, y *o'*, *p* y *p'*, según se ve en las figs. 11 y 12, se determina la posición de los planos *m p*, *n o*, para lo que se quita con el hacha en cada dirección *m m' n n' o o' p p'* una faja que se ve señalada con un rayado oblicuo en dichas figs. 11 y 12. Por lo general sólo se señalan las dos superiores *m m' n n'*, puesto que las inferiores se obtienen por medio de la plomada que es la que da á conocer la dirección de los planos de escuadría *m p*, *n o*, fig. 13.

Para trazar las líneas *m m' n n'*, se coloca el tronco de modo que los lados *a d b e* sean vertientes, lo que se comprueba por medio de la plomada; dos personas toman el hilo de trazar, fig. 5, lám. 1.ª, impregnado de almazarrón, disuelto en agua gomosa, negro de humo ú otra substancia, y lo colocan tirante desde *m* á *m*; uno de ellos sujeta el cordón con la mano izquierda en su extremo, con dos dedos de la derecha lo coge lo más cerca que pueda del centro de la pieza y lo levanta verticalmente soltándolo de golpe, al caer deja la sacudida marcada con la tinta la línea *m m'*; esta operación se repite en *n n'* y lo mismo puede hacerse volviendo la pieza en *p p'* y en *o o'*, pero generalmente basta tener señaladas las dos primeras líneas paralelas superiores *m m'*, *n n'*. Esta operación se llama *linear*; y cuando se teme que las líneas *m m' n n'* se borren, pueden señalarse con la punta de trazar ó punzón, fig. 4, lám. 1.ª

Determinadas las líneas *m m' n n'* y conservando verticales las *m p*, *n o*, se hacen con el hacha unas entalladuras *h g*, figs. 18, 19 y 20, formadas cada una de dos planos verticales, *h i g*, *h j g*, que hacen entre sí y con el plano de escuadría un ángulo de unos 60 grados; para que la intersección *h g* sea bien vertical, sirve de guía la plomada K que se aplica en el fondo de cada una de ellas á medida que se hacen; todas las líneas *h g* se hallan por lo tanto en el mismo plano que las *n n' o o'* y determinan el plano general de escuadría de esta cara. De la misma manera

se opera en la cara opuesta *m m' p p'*. Cuando las entalladuras de ambas caras opuestas están hechas, se cortan con el hacha los segmentos salientes que quedan entre ellos, teniendo cuidado de proceder con precaución á fin de no cortar demasiada madera. Se hacen las entalladuras á distancias iguales, bastante separadas cuando la madera se hiende con facilidad, y más próximas cuando las fibras están muy unidas y tienen gran adherencia entre sí; en el abeto se hacen á la distancia de un metro, y en el roble, encina y otros no debe pasar de 0'65^m á 0'70^m. En las figs. 18 y 19 se suponen todas las entalladuras hechas, y cortados ya en parte los segmentos. Cuando todos los segmentos de las dos caras se han cortado con el hacha, se termina la labra con el hacha, fig. 31, lámina 3.ª, ó bien con las azuelas, y se procede á la labra de las otras dos caras para completar la operación y dejar la pieza completamente labrada ó escantillada según se manifiesta á continuación.

Cuando las dos primeras caras han sido labradas, se da á la pieza un cuarto de giro y se coloca sobre una de las caras labradas, presentando la otra en la parte superior, ó sea encima, como se ve en las figs. 21, 22 y 23, lám. 51 y 52; en esta posición se procede á *contralinearla* ó *gruarla*, posición más fácil que la de linearla, puesto que se hace directamente señalando con el hilo de trazar las líneas *bb'*, *eé*; á continuación se coloca vertical la línea *e d*, fig. 23, por medio de la plomada, y luego se hacen las entalladuras *hg* en la misma forma y á las mismas distancias que en las otras dos caras; los segmentos que queden entre las entalladuras se cortan también como se ha dicho, y se concluye la labra de igual manera con las mismas herramientas, quedando la pieza labrada en la forma de las figs. 24, 25 y 26 de la lám. 52. Las dos operaciones reunidas de *linear y contralinear* se distinguen con el de *cordear*. Cuando se cordean en el monte las piezas, se las deja unos dos centímetros más de espesor en cada cara para que puedan ser relabradas en el taller después de sufrir las contingencias del arrastre y conducción.

En las construcciones, especialmente en la naval, son con frecuencia necesarias piezas curvas, que no es posible ni conveniente sacar de los troncos rectos, puesto que al formar la curva se cortarían los hilos de la madera y ésta no tendría resistencia. Los troncos y ramas muy gruesos que tienen curvaturas pronunciadas y en una misma dirección, son muy buscados y tienen más valor que las piezas rectas; al labrarlas se procura conservarles su curvatura dejándoles dos caras planas y paralelas.

Las figs. 27, 28 y 29 de la lám. 53 representan una pieza de madera curva, la 1.ª es la proyección vertical, la 2.ª la horizontal, y la tercera representa la sección por la línea del centro *M N*. Se preparan las cabezas y se trazan en ellas los mayores rectángulos como queda explicado; la pieza se coloca con su parte convexa hacia arriba y de modo que las caras planas queden en situación vertical. Para linear las caras planas se colocan dos plomadas *xy' xy'*, al frente de cada cabeza, y en la dirección *n n'* y dirigiendo una visual por ambas desde alguna distancia, un operador hace que otro vaya colocando puntas *r*, *s*, *t*, *u*, *v*, entre las cuales se puede linear como en el caso anterior; lo mismo se hace en la dirección *m m'*; las líneas *o o'* y *p p'* no son necesarias, pero se pueden trazar á fin de guiar mejor el trabajo de la azuela para planear estas caras cuando se hayan hecho las entalladuras. Estas *h g* se hacen verticales empleando como guía la plomada *K*; los segmentos se cortan con el hacha de la misma manera que en las piezas rectas, concluyendo de labrarlas como se ha dicho para aquéllas.

Concluída esta primera parte de la operación, se coloca la pieza sobre una de las ca-

ras que se acaban de labrar en la posición que se indica en las figs. 30, 31 y 32 de la lám. 52. Sobre la cara plana superior se señalan las curvas *bxb', eze'* por medio de plantillas, cuya operación se denomina contralinear ó gruar, las líneas *ede'd'* se colocan verticales por medio de las plomadas y se hacen las entalladuras, corta de segmentos y labra de las caras curvas de madera parecidas á la ya dicha; sólo que las entalladuras se hacen más próximas, y para labrar con la azuela las dos caras curvas se vuelven hacia arriba con las caras planas verticales, colócase el operario encima para manejar la herramienta. Las figs. 33, 34 y 35 demuestran como queda la pieza completamente labrada, la 35 es una sección por la línea *MN*; la fig. 36 representa la sección según la línea *EF* con la forma del corte de las capas anuales. Los rectángulos *nn'*, *mm'*, *otzp*, GHIJ son las proyecciones de un paralelepípedo envolvente de la pieza curva, que demuestra el volumen que debería tener una pieza recta para poder extraer de ella la ya citada curva, viéndose el ahorro de trabajo, de tiempo y de madera que se logra cuando se pueden conseguir piezas que tienen naturalmente la curvatura que se necesita en cada caso.

Madera de sierra. Para escuadrar un tronco con la sierra, se procede como para la madera de hilo, pero con la sierra los cuatro costaneros salen completos de cada cara y pueden aprovecharse á veces en las construcciones, al paso que con el hacha se reducen á astillas y sólo sirven como leña. La sierra tiene la ventaja de que corta fácilmente al través las piezas en trozos, y se emplea en dividir las piezas escantilladas en viguetas, tablones, tablas y otras piezas longitudinales fácilmente y con poco desperdicio de madera.

Se trazan de la misma manera que se ha explicado los mayores rectángulos de las cabezas, y se alinean y contralinean las piezas lo mismo para aserrarlas que para labrarlas con el hacha. Las sierras pueden ser rectas movidas á brazo, como la de la fig. 57, lám. 5.ª, y fig. 61, lám. 6.ª, ó bien circulares ó de cinta movidas también á brazo, por caballerías ó por la fuerza del aire, del agua ó del vapor ó de cualquier otro agente. En los bosques se emplean las sierras ya citadas, figs. 57 y 61, manejadas cada una por dos serradores; y como sus herramientas é instrumentos son sencillos y fáciles de transportar, también se les emplea algunas veces en los talleres para evitar las repetidas traslaciones desde los talleres á las sierras fijas y viceversa.

Las sierras de mano deben ser movidas de alto á bajo, y para esto es preciso levantar la pieza de madera á una altura mayor que la del hombre que debe manejarla desde el suelo, mientras que el principal serrador la dirige desde lo alto, colocado encima de la pieza de madera. En el bosque se improvisan con maderos rollizos caballetes rústicos de diferentes formas, teniendo cada país un tipo especial; unos consisten en dos maderos en forma de aspa ó cruz de San Andrés, sobre el que se apoya un tercero bastante largo, que tiene el extremo opuesto en el suelo sujeto por grandes piedras ó por estacones clavados en el suelo; la pieza que se quiere aserrar se coloca sobre esta tercera por encima de la cruz, haciendo romana al exterior, bien ligada á ella con fuertes cuerdas que la mantienen en posición horizontal; otros se componen sólo de dos maderos ensamblados en ángulo por su extremo superior, colocados como los dos lados de un triángulo isósceles, cuyos dos maderos tienen agujeros abiertos á iguales distancias en cada uno, en los que se introducen pasadores de madera fuerte ó de hierro, en los que debe apoyarse un barrote que sirve para sostener la pieza que debe aserrarse, cuyo extremo se apoya en el suelo sujetándolo con gruesas piedras; esta disposición es más sencilla que la anterior, haciendo la pieza los

oficios del tercer madero longitudinal de aquélla, pero la pieza debe aserrarse inclinada hasta su mitad, y es necesario para aserrar la otra mitad invertir el orden apoyando la parte aserrada en el suelo; en muchas localidades de España se emplea este sistema, cuyos componentes son sencillos y fáciles de transportar. Algunas veces los serradores aprovechan un hoyo ó excavación natural del terreno para colocar sobre ella la pieza sosteniéndola con maderos transversales, colocándose el segundo serrador en el fondo de ella para manejar la sierra; otras veces combinan este medio con los anteriores colocando el caballete delante de la excavación; teniendo todas estas disposiciones por objeto ejecutar lo más fácilmente el aserrado, y sobre todo tratar de que las pesadas piezas que deben aserrarse no tengan que elevarse mucho, especialmente si no se cuenta con bastante auxilio personal.

En las figs. 37 y 38 de la lám. 54 se ve en dos proyecciones un juego de caballetes fuertes, sencillos y transportables, que por lo general emplean los serradores. Cada uno de ellos se compone de una cumbrera *f f*, en la que se ensamblan los pies *q q* á escopleadura y espiga con espera, sujetándolos por medio de tornillos de hierro; los pies, en posición oblicua, se hallan unidos dos á dos por medio de travesaños *h h* ensamblados á escopleadura y espiga, y con esta misma clase de ensamble descansan en estos dos travesaños y sostienen la cumbrera los tornapuntas *i i* mantenidos fijos por los pequeños travesaños K; todos los ensambles se fijan por medio de clavijas de madera, según se ve en el dibujo. La pieza de madera A, que debe ser serrada, se sujeta con ligaduras de cuerda *m m* que se aprietan con una cuña *l l*; para que el conjunto tenga estabilidad, se colocan algunas piedras *n n* sobre trozos de tablón *o o* que son sostenidos por los travesaños *h h*. Uno de los serradores se coloca sobre la pieza A, y dirige por las líneas que previamente ha trazado sobre ella el corte de la sierra, que puede ser la citada de la fig. 57, lám. 5.ª, ú otra parecida; el segundo serrador acompaña el movimiento apoyando con fuerza la sierra contra la hendidura ó corte que va abriendo cuando aquélla baja, pues en el movimiento de ascenso los dientes no cortan. Para que la pieza no oprima la hoja de la sierra, se introduce una cuña en el corte hecho y se va empujando á golpe á medida que adelanta el trabajo; esta cuña evita también la vibración producida por el movimiento ondulatorio de las hojas que la sierra va formando en la pieza. La pieza A se coloca á brazo sobre los caballetes, pero cuando es muy pesada se emplean cabrias. Para variar la posición de la pieza A emplean algunos serradores un tercer caballete igual á los ya descritos, levantando algo la pieza por medio de cuñas para variar de posición alguno de los otros dos; también se usa un juego de perchas ó pies derechos *s s* (fig. 40) con una especie de estribo *t t*, con cuya ayuda se sostiene provisionalmente la pieza A cuando se quiere variar la posición de algún caballete por exigirlo así la operación.

Se pueden construir con rapidez caballetes teniendo á mano tablas solamente. Las figuras 39 y 40 de la lám. 55 son dos proyecciones verticulares de un caballete formado de tablas; dos triángulos compuestos cado uno de tres tablas clavadas *g h i*, sirven de pies en cada extremo, y ambos se sujetan, manteniéndolos en posición vertical, á la distancia de metro y medio, con dos cruces ó aspas de San Andrés, formadas con dos tablas J K que se clavan en el canto de las que sirven de pies; la cumbrera se forma con un madero rollizo *f f*, que es el que debe sostener la pieza A que se quiere serrar.

Cuando la pieza que se quiere serrar tiene poco espesor y no puede colocarse el serrador sobre ella, puede disponerse como

se ve en la fig. 41: A es la sección transversal de la pieza que se liga á la cumbrera con la cuerda *m*, apretándola después con la cuña *n*; las clavijas *q q* impiden que la cuerda resbale; las dos grapas *o o* se clavan por la parte recta en la cumbrera y por los ganchos en la pieza A que sujetan. Para que el serrador pueda trabajar, se colocan dos tablones *p p* de modo que al serrar tendrá la pieza A entre los pies.

Para serrar la pieza A (fig. 42), se coloca entre otras dos más anchas B B, ligando las tres fuertemente, sirviendo las últimas para colocarse el serrador. También puede ponerse una sola B (fig. 43), pero entonces el serrador se ve obligado á manejar la sierra de lado, y es más difícil dirigirla bien por la traza marcada en la pieza A. Cuando se tienen que serrar varios tablones iguales A A′, se ligan ó atan juntos con la cuerda *m* (figura 44), la que se aprieta por medio del garrote *n*.

Cuando las piezas que se deben serrar son de grandes dimensiones, no bastan los caballetes descritos y se construyen especiales, que sirven para aserrar toda clase de piezas. Una forma muy conveniente es la que dan á conocer por dos proyecciones verticales las figs. 45 y 46 de la lám. 55. Este caballete tiene mayor altura que los anteriores; se compone de una cumbrera *f f* sostenida por los cuatro pies *g g*, *g g*, asegurados por travesaños *h* y tornapuntas *i i i* sujetas por los cepos J J, que á su vez descansan en los travesaños *l*, ensamblado á escopleadura y espiga con los pies *g g*; los cepos J J se hallan sujetos á los travesaños y tornapuntas por pernos ó tornillos de hierro, y sirven de cumbrera para sostener la pieza A A que se quiera serrar, dividiéndola en tablones según las líneas de sierra que en ella se ven marcadas; esta pieza pasa por entre las tornapuntas y se la sujeta con la cuerda *m m* atada también á los cepos J y con los calzos *o o*; la cuerda *m* se aprieta con las cuñas *n n*; y para que pueda colocarse el serrador, se ponen los tablones *p p p* por entre los que pasa la sierra y pueden variarse para cada corte que deba hacerse en la pieza A: en la fig. 46 se hallan colocados para serrar por *x y*.

Los serradores también sierran los paramentos curvos de las piezas como la de las figs. 33 y 34, lám. 53, empleando para ello sierras de hojas estrechas que puedan seguir la dirección de la línea curva señalada en las caras planas.

Las sierras braceras pueden emplearse también con los diferentes caballetes descritos para dividir las piezas ya escuadradas ó escantilladas en viguetas, tablones, tablas y demás piezas necesarias en la carpintería; cuando se necesitan dimensiones dadas y exactas, es preciso tener en cuenta, al señalar la pieza, la pérdida que el aserrado ocasiona á la madera, ó sea la parte que los dientes de la sierra convierten en serrín; pero todas estas operaciones resultan más económicas y perfectas ejecutadas con las sierras mecánicas de hojas rectas, las circulares y las de cinta ó continuas, movidas por el vapor ó por el agua, de la que se tratará más adelante, así como de las máquinas de acepillar la madera ya serrada y de ejecutar las diferentes operaciones para labrarla y pulimentarla.

En el bosque es más económico el trabajo del hacha que el de la sierra para escantillar las grandes piezas que se obtienen de los troncos, no compensando la diferencia el valor de los costaneros que se obtienen con la sierra, ya que con el hacha se hace astillas esta parte al cortar los segmentos parciales, pues dichos costaneros no tienen generalmente aplicación inmediata en los puntos en que se ejecuta la labra, y su valor no compensa tampoco los gastos que ocasiona su transporte. Los costaneros son tanto mayores cuanto más diámetro tiene el árbol del cual se extraen, y á veces conviene sa-

ber si el valor de las piezas que de ellos pueden sacarse compensan la mayor diferencia del coste del aserrado sobre la labra con el hacha. Si las piezas de menor escuadría de la construcción que se quiere ejecutar son cabios ó cabrios de sección cuadrada, y se desea que cada costanero produzca dos de estas piezas, es preciso determinar qué diámetro debe tener el círculo que señale el límite del duramen para que produzca costaneros, de cada uno de los cuales puedan formarse dichos dos cabios, también de madera perfecta ó duramen; para ello se trazan dos líneas P Q, M N (fig. 47, lám. 55) perpendiculares entre sí; en los dos ángulos superiores se construyen dos cuadrados que representan la escuadría de los cabios; G H I J es uno de ellos; se comprenden I K, I L iguales; con el radio K L se traza el arco L O F que corta en O á la diagonal G I del cuadrado; se unen O K y se tira la paralela G C por G, que determina el centro C y el radio C G del círculo pedido, cuya escuadría debe ser el cuadrado A B E D. Todo tronco cuyo diámetro sea menor que A C, deberá labrarse con el hacha, porque los costaneros producidos por la sierra no podrán proporcionar las piezas que se necesitan.

La misma construcción gráfica se ejecuta cuando en vez de piezas de sección cuadrada se necesitan rectangulares como las R R.

Cuando los cabios se emplean en obras de poca importancia y pueden formarse teniendo alguna albura, la construcción es casi igual, sólo que al radio K L se le aumenta la parte L R igual al grueso de la altura (fig. 48).

Se puede resolver el problema con solo el compás, sin trazar paralelas. Sean (figura 49) M N, P Q las perpendiculares, G H I J el retángulo de escuadría que ha de producir el costanero: se trazan J L, J E, R K iguales á G J, se rebate L E según L O, luego se toma con el compás K O y se marca con esta distancia K C. Este punto C es el centro del círculo pedido que dará la escuadría A B E D y cuatro costaneros capaces de las piezas G H I J.

Con más frecuencia se tiene que resolver el problema de determinar la pieza de mayor escuadría que puede extraerse de un costanero dado. Si A B E D (fig. 50) es la escuadría de una pieza de madera, se trata de averiguar qué valor tendrán las piezas que pueden sacarse de sus costaneros y si compensará el mayor coste del aserrado. Para esto se traza K M y su perpendicular C O, se marca C S = C O, se divide C I en cuatro partes, y con el radio R S se señala R H, resultando que una de las cuatro piezas pedidas es la J G P Q. Si el duramen, en lugar de tener la figura circular L M K N tuviera la elíptica L′ M K′ N, el mayor rectángulo de escuadría sería A′ B′ E′ D′, y uno de los costaneros situados según el eje mayor B′ M E′, que produciría una pieza del mismo grueso ó altura que el del segmento del círculo.

Madera de raja. Las maderas resinosas tienen las fibras rectas y son fáciles de rajar longitudinalmente en el sentido de éstas; cuando se quiere rajar un tronco de pino, abeto ú otra especie semejante, se señala en cada cabeza la línea por donde la hendidura ó raja debe principiar, y se practica una entalla con el hacha, metiendo luego en ellas gruesas cuñas que se introducen á golpes de macho de madera ó hierro; para dirigir bien la raja se abren agujeros con un taladro en el sentido de la raja y paralelos á las señales hechas en las cabezas, cuyos agujeros deben llegar al corazón del árbol.

Cuando las maderas son muy duras, como la encina, olmo, etc., es preciso que dichos agujeros se hagan muy próximos unos de otros. También se rajan los troncos empleando la pólvora en vez de cuñas; para esto, como queda dicho, se abren agujeros paralelos que lleguen al corazón, distantes

entre sí más de treinta centímetros y menos de un metro; en cada agujero se coloca una carga de pólvora proporcionada á la dureza de la madera, al diámetro del tronco y al de los agujeros ó taladros hechos, atacándolos á mazo con clavijas de madera, en las que se deja una ranura que se llena después de pólvora, poniendo todas las cargas en comunicación por medio de un reguero de pólvora exterior, al que se da fuego con un trozo de yesca que permita alejarse á distancia al operador. Con este método puede dividirse un tronco en dos, cuatro ó más partes, según se hallan dispuestos los taladros, y quedan todas dispuestas para ser escantilladas ó labradas con el hacha.

Aserrado de las maderas. Además de las grandes piezas que se emplean en las construcciones, exigen éstas multitud de maderas de menores dimensiones y formas diversas que se obtienen con el auxilio de las sierras. Según las dimensiones que se necesitan se determina la longitud de los troncos, y se cortan sus cabezas perpendicularmente á su longitud, señalando en ellas las líneas de separación de los tablones, tablas, etc., teniendo en cuenta la pérdida que ocasiona la sierra; las líneas de las cabezas se unen con otras longitudinales que marcan el camino que debe seguir la sierra para que todas las caras resulten paralelas. Cuando el aserrado se hace con máquinas, sólo se marcan las divisiones en una de las cabezas y una de las líneas longitudinales para que sirvan de directriz.

Los tablones ó tablas que se obtienen de un tronco resultan de diferentes anchos, como se ve en la fig. 1.ª, lám. 56, y es preciso cortarles los cantos á escuadra, como indica la fig. 2.ª; para esto se colocan todos en posición horizontal (fig. 3.ª); los más anchos debajo; se señala con la plomada la línea *m n* y se cortan todos de una vez con la sierra; los otros cantos se cortan de la misma manera y quedan las piezas con sus definitivas dimensiones, que toman los nombres de *largo*, *tabla* y *canto*. Es conveniente que las piezas tengan todas iguales dimensiones, y para lograrlo se cortan los costaneros A A (fig. 4.ª), y la pieza resultante se divide en partes iguales, resultando menores los extremos B B; los costaneros A A proporcionarán otras piezas de diferente escuadría, ó semejantes á las ya cortadas, según se ve en la fig. 5.ª

Cuando abundan los troncos gruesos y no se necesitan piezas de grande escuadría, se dividen aquéllos en otras de menor escuadría, pero como los tablones resultarían de anchos excesivos si se serraban como los de las figs. 4.ª y 5.ª, se dividen los troncos en cuatro partes (fig. 6.ª), que á su vez se sierran de una de las maderas indicadas en las figs. 7.ª y 8.ª; algunas veces el tamaño del tronco permite obtener de los medioscosteros D D tablones ó tablas convenientes para ciertas obras. En vez de dividir el tronco en cuatro partes se prefiere aserrarlo en la forma de la fig. 5.ª, resultando un número de piezas igual, pero de mayor ancho que con el anterior. Si se quiere aprovechar bien la madera de un tronco, se trazan en sus cabezas todos los cuadrados que sean posibles de una dirección dada, 25 á 30 centímetros de lado (fig. 9.ª), y sobre esta cuadrícula se hace la distribución más conveniente.

Las piezas de sección elíptica se dividen de maneras semejantes á las descritas para las circulares, según se ve en las figuras 10, 11 y 12.

Otra manera de dividir un tronco se ve en las figs. 13 y 14; en este último caso se da primero el corte *a b*, siendo fácil practicar el resto del aserrado según se indica en la figura citada, que también puede considerarse como dividida en seis partes principales, las que á su vez se descomponen en piezas de igual espesor ó canto.

Para aserrar cada una de las partes en que se descompone el tronco (fig. 13) se

dispone, según la fig. 15, sobre una pieza de madera preparada exprofeso á fin de no tener que calzarla. La fig. 16 presenta la misma disposición para poder aserrar cada tercera parte de la fig. 14.

Con las sierras rectas este último sistema de aserrar obliga á dividir el tronco en un número par de partes, puesto que la sierra debe cortar según un diámetro, no siendo posible dividir un tronco en la forma impar de la fig. 17, á no ser que se ejecute con una sierra circular que en cada corte llegue con exactitud al corazón *c* del tronco.

La dirección del corte influye en las condiciones de las piezas resultantes. La sección transversal de las piezas ya sea circular (fig. 18) ó elíptica (fig. 19), estén labradas en forma de paralelógramo (fig. 20) ó cuadrada (fig. 21), presentan las dos clases de líneas de su organización vegetal, unas concéntricas más ó menos regulares formadas por las capas anuales, y otras dirigidas desde el centro á la circunferencia, que son los radios medulares; los poros de la madera que se hallan situados en la dirección de los últimos, absorben la humedad mucho más rápidamente que los dirigidos en el sentido de las capas anuales. Los tablones ó tablas cortadas al través de los radios medulares son muy sensibles á las influencias higrométricas. La pieza *abcd* (fig. 22) con la humedad aumenta de anchura y toma la forma de la *abcd* de la fig. 23, porque los poros de los radios medulares tienen la dirección *ef* y son más numerosos en la cara *ab* que en la *cd*; aunque se seque esta tabla, conserva el vicio adquirido. Si la pieza semejante *a' b' c' d'* (fig. 22) recibe una impresión de calor fuerte, antes de experimentar humedad, se contrae y alabea en sentido contrario á la anterior, en la forma *a' b' c' d'* de la fig. 23. Todo lo cual prueba que una tabla cortada en mala dirección puede cambiar de anchura y de curvatura con facilidad. La tabla E cortada en el centro de la pieza es simétrica según sus radios medulares, y no cambia de forma por las influencias atmosféricas que la hacen aumentar y disminuir bastante menos que las otras dos descritas. Las grietas que se observan en las figs. 24 y 25, son producidas por estas influencias de sequía y humedad.

Las piezas serradas en la dirección de las E de la fig. 7 son las más sujetas á tan perjudiciales influencias, y debe evitarse el empleo de este sistema. Se debe procurar que los cortes se dirijan al corazón del árbol; después de dividir el tronco en cuatro partes (fig. 6), se da á cada una de éstas un corte recto *op* ó curvo *oq* (fig. 8), y después se dividen, como se ve en la fig. 26, de modo que todas tienen la misma tabla ó ancho; esta forma es la que proporciona mejores piezas: el grueso no es igual pero se regulariza con la garlopa una de las caras, conservándola la otra en la dirección de los radios medulares que en algunas maderas, como la encina, presenta cuando está pulimentada multitud de hermosos espejuelos. Para serrar con arreglo á este modelo, se coloca cada cuarto del tronco, según se ve á las figs. 27 y 28, sobre dos piezas especiales *m*, *n* ligadas á la cumbrera del caballete, calzándolo con cuñas *fe* de modo que el corte de sierra se dé siempre en la dirección de la plomada *pg*, lo que se logra cambiando de posición las cuñas *fe* y los trozos ya serrados.

Para evitar la pérdida de madera ocasionada por la garlopa al igualar el espesor de las tablas, se han ideado varios medios; uno es el presentado en la fig. 29: en el tercio central se cortan tablones ó tablas y los costaneros se dividen perpendicularmente á los primeros en piezas más ó menos gruesas. En la fig. 30 se han cortado tres tablones, según los radios medulares; en el centro, los costaneros se unen como en la fig. 31 y se sierran juntos. Otro sistema consiste en cortar un tablón grueso A en el centro (fig. 32), y otros dos más estrechos BB en cruz; las partes restantes se hallan cortadas por el sistema

holandés las D F; por planos convergentes la E, y con la dirección al centro la C. También pueden cortarse en cruz (fig. 33), y cada cuarto por cortes alternados paralelos á los dos primeros. Cuando la sección es elíptica pueden adoptarse los medios indicados en la fig. 34.

Algunos serradores disponen las piezas según la fig. 35, sierran la pieza A, la apartan y reunen las demás según la fig. 36, serrando de una vez los B B′, que también apartan para formar la fig. 37, y así sucesivamente hasta la fig. 39 pasando antes por la 38; este sistema es incómodo porque obliga á hacer muchas operaciones engorrosas. Disponiendo la operación como en la fig. 40, se ahorra mano de obra y se llega á la 41 en la que con una sola operación se sierran las BB′ CC′, aunque algunas de las piezas tienen la perjudicial dirección de los círculos anuales.

La fig. 42 representa la división de un tronco en piezas de sección cuadrada. Por medio de cortes de sierra se obtienen cinco piezas principales. La anchura *ab* de cada pieza principal se logra determinando el punto *a*, de *c′* á *d* se señalan tres partes y de *d* á *e* una; se traza el radio *c e* que corta en *a* la circunferencia del duramen; las piezas pequeñas se determinan por medio de la diagonal *m c*, pero se pueden señalar en la posición *nvxz* trazando el radio ó diagonal *c p* en la que se toma *o p* igual á tres partes *p q* igual á una y trazando la *o q x* de modo semejante que para el anterior punto *a*.

La fig. 43 indica un modo conveniente de dividir un tronco cuando se necesitan tablones gruesos cuya disposición es indiferente, y tablas en el sentido de los radios medulares á fin de que no se alabeen ya que tienen poco espesor.

La fig. 44 proporciona tablones y tablas de diferentes magnitudes todas con buena dirección, pero á cada golpe de sierra debe variarse la posición de las piezas: en la parte inferior se ven algunas que pueden serrarse seguidas sin tener que perder el tiempo en colocarlas de nuevo al frente de la sierra.

Se ve por todo lo expuesto que el serrador debe ser inteligente, hábil y tener mucha costumbre y buen golpe de vista para dividir un tronco de modo que se obtengan de él el mayor número de piezas de buena escuadría, con sus caras ó paramentos en buena dirección para que no se alabeen ó tuerzan, y dirigir la operación sin perder tiempo en movimientos dobles ó inútiles, procediendo sistemáticamente con mucho orden.

Para cortar al través los troncos gruesos en el bosque con objeto de que todas las piezas resulten de igual longitud, se emplea la sierra bracera (fig. 57 lám. 5.ª; la 61 lámina 6.ª y la 54 lám. 4ª); también se emplean las sierras Ransome de la lám. 11. En los talleres se emplean también para este objeto las sierras circulares y otras movidas mecánicamente, que con gran facilidad y prontitud llevan á cabo esta sencilla y necesaria operación.

CAPITULO IX

TRANSPORTE Y APILAMIENTO DE LAS MADERAS

Con raras excepciones los bosques que proporcionan la madera para la construcción se hallan lejos de los centros de población y situados en terrenos escabrosos, ásperos y desiguales, que componen las vertientes y hasta las cimas de las montañas y de las altas sierras. El hombre, alrededor de los lugares habitados ha talado los bosques para adquirir madera para formar su habitación y leña para calentarse, ó bien con el objeto de dedicar los terrenos más próximos al cultivo de los cereales y demás plantas y árboles que le proporcionan el alimento, el vestido y muchas materias que emplea en las diferentes industrias hijas de los progresivos adelantos de las ciencias y de las artes. Las grandes llanuras y los terrenos poco ondulados, en los que las comunicaciones son fáciles, se han dedicado á toda especie de cultivos; los bosques que producen una materia que exige muchos años para formarse, y son menos productivos relativamente, han continuado en lugares poco favorables á la habitación del hombre por su forma, situación ó clima desapacible, lejos de las vías de comunicación principales y hasta de las secundarias, á cuya situación especial deben quizás su existencia y conservación, ya que por lo general la humanidad atiende irreflexivamente á las necesidades del momento sin tener en cuenta lo porvenir. Es completamente indudable que la despoblación de los montes ha cambiado desfavorablemente las condiciones climatológicas de su país, y es la principal causa de las grandes y rápidas avenidas de los cursos de agua, cuyos destructores efectos se tienen que lamentar con tanta frecuencia en las diversas naciones que componen la vieja Europa.

Los troncos rollizos ó con la primera labra, si el terreno permite practicar ésta, ya que con ella se les desembaraza de un tercio próximamente de su peso, son conducidos por arrastre al *parque*, cuya operación recibe el nombre de *desmonte* y se necesita emplear para ella *carretones*, *jerrones*, *barrenos* y las cadenas llamadas *cadena de enrollar*, *tirón* y *cadenillas*. Para que la pieza ó tronco que

se arrastre no se raje al clavar los ganchos del *jerrón*, que es un hierro largo del peso de un kilogramo con dos patas ó ganchos que se hincan en la madera y un anillo ú ojo en la parte opuesta para enganchar la cadena, se le dan dos barrenos á distancia igual á la de las patas del jerrón que se introducen en ellos, sujetando al mismo una en las patas y alguna anilla del *tirón* cuya longitud es de unos 40 centímetros, y se compone de eslabones de un grueso de 14 á 15 centímetros. La *cadena* de enrollar tiene unos dos metros y medio de longitud y los eslabones cerca de dos centímetros de grueso terminando en un gancho que puede enlazar en cualquiera de sus eslabones. Las *cadenillas* son de una longitud de 60 centímetros con eslabones de uno de grueso terminando por dos anillas de un diámetro de ocho centímetros con una pieza que le da forma de hebilla. Se *enrejona* la pieza sujetando las cadenas y tirones con el jerrón y se une al carretón del que tiran dos bueyes ó mulos para arrastrarla hasta el parque.

Cuando los troncos ó piezas se encuentran en lugares muy abruptos que no permiten el arrastre, ya por la pendiente ó por los barrancos y demás desigualdades del terreno, se aprovecha la inclinación del terreno para lanzar los troncos, procurando que se deslicen longitudinalmente, puesto que en sentido transversal sería fácil su rotura ó recibirían desperfectos que los inutilizarían para las construcciones. Algunas veces con este objeto se construye en el terreno un camino ó corredor estrecho forrado de tranvías hechas con las ramas desaprovechables de los árboles y una inclinación que no debe pasar de unos 20 grados con la horizontal, por el que se hacen deslizar los troncos y piezas, teniendo cuidado de que la superficie de las tranvías se conserve húmeda para disminuir los efectos naturales del rozamiento que gasta en gran manera los troncos ó piezas y las tranvías sobre que aquéllos resbalan. Estos caminos ó corredores se construyen en línea recta ó con curvas de gran radio, y se continúan por encima de los barrancos y cortes del terreno por medio de puentes rústicos preparados de modo que las maderas resbalen por ellos encajonadas hasta el parque, formando el conjunto un plano inclinado, que se adapta á las inflexiones del terreno todo lo posible. En los países del norte de Europa se espera el invierno para hacer bajar las maderas de las montañas por caminos ó corredores estrechos inclinados, formados en la nieve helada, por los que resbalan los troncos en virtud de su propio peso ó guiados por hombres colocados en tríneos que los sujetan á éstos por medio de ganchos y cadenas de hierro.

Los ríos y corrientes de agua de profundidad suficiente se utilizan para la conducción de las maderas; para esto se arrojarán al agua las piezas sueltas, que son conducidas por la misma velocidad de aquéllas, cuando los recodos que forman las corrientes son susceptibles de dar paso á las piezas de cierta longitud, y sólo es necesario separarlas de las orillas ó de los obstáculos que las detengan por medio de perchas ó bicheros. Si la velocidad de la corriente es poca ó se forman remansos, pueden componerse con las piezas balsas, armadías ó trenes de la anchura que permiten el paso los puntos más estrechos; para esto se colocan las piezas paralelamente en sentido longitudinal de la corriente, y en el número que forme el ancho prescrito, unidas todas con cuerdas ó ligaduras formadas con ramaje que deben pasarse por los taladros hechos anticipadamente en las cabezas para este objeto; á continuación se colocan otras series paralelas de piezas unidas por sus cabezas á las que las preceden, formando un tren de longitud conveniente que puede marchar á la sirga tirando con cuerdas desde las orillas ó ser conducidos por marineros desde

las mismas armadías ó trenes que dirigen por medio de remos, perchas y á veces timones. Cuando llegan al punto de su destino ó fin de su viaje por el agua, se cortan las cuerdas ó ligaduras y se sacan fuera del agua con palancas que hacen rodar las piezas lateralmente ó por arrastre enganchándolas por una de las cabezas con jerrones de los que tiran caballos ó bueyes. El transporte en esta forma es económico y conveniente cuando las piezas permanecen poco tiempo en el agua, que penetra por los poros y disuelve parte de los líquidos vegetales que componen la savia, cuya fermentación produce la descomposición de la madera; la inmersión demasiado larga de las piezas en el agua altera la calidad en las maderas. Se prefiere la conducción en barcas para las distancias largas colocando las piezas de modo que el aire penetre por entre ellas, y que las inferiores no se mojen en el agua que siempre existe en la cala ó fondo en la barca por efecto de la lluvia ó filtraciones de la del río. Debe evitarse que las maderas se mojen en el agua del mar, porque después cuando forma parte de las construcciones la sal de que están impregnadas absorbe la humedad de la atmósfera y se pudren fácilmente. Las maderas que proceden de Rusia y demás países del Norte, como también las de América, llegan en buques perfectamente colocadas para que por entre ellas circule el aire y no puedan mojarse en el agua del mar que penetra en la cala, la que se agota por medio de bombas; las piezas de gran longitud no pueden introducirse ni sacarse por las escotillas, y para ejecutar esta operación con facilidad, se abren portas á flor de agua en la proa y popa del buque, calafateándolas perfectamente para que el agua no penetre por ellas durante la navegación.

Verificado el *desmonte* y reunidas las piezas en el *parque* cerca de carreteras ó caminos ordinarios, se transportan á los talleres ó á los almacenes en carros ó carretas ordinarias, cuya forma varía en cada país, así como el sistema de arrastre de éstas, ó bien por medio de carruajes especiales cuando las dimensiones ó el peso de las piezas exigen mayor resistencia en los ejes, ruedas y demás componentes. La forma general de los carros consiste en dos ruedas unidas por un fuerte eje de hierro, sobre el que se sienta por su parte media un tablero compuesto de dos *varas* unidas por travesaños que sostienen el tablero; las *varas* se prolongan lo necesario para colocar entre ellas en limonera el caballo ó animal de tiro, y sobre las mismas se sujetan las escalas ó barandillas laterales que evitan caigan á tierra los objetos. Cuando las piezas de madera que se cargan en estos carros son muy largas, se colocan horizontalmente en situación diagonal al tablero para que no toquen el caballo; pero es más conveniente sujetar á cierta altura de los dos montantes delanteros de las escalas, que generalmente son de hierro, un travesaño sobre el que se apoyan las piezas de madera que quedan inclinadas de delante atrás pasando por encima de la caballería; las cabezas posteriores de las piezas se sujetan con sogas ó cuerdas á los montantes traseros de la escala y á las anillas del travesino posterior del tablero; las piezas que se carguen, deben hallarse en equilibrio sobre el eje del carro para que su peso no gravite sobre el caballo ó lo levante.

Las piezas de grandes dimensiones son difíciles de cargar y descargar en los carros ordinarios cuyas operaciones se llevan á cabo fácilmente empleando el carretón especial (figura 1, lám. 60), supuesto también de un fuerte eje de 7 á 8 centímetros de grueso, que une dos ruedas y sobre el que se sujetan dos largas varas horizontales *c q*, unidas por traveseros, colocadas de modo que pueda variarse la posición del eje según la longitud de la pieza ó piezas que se deben transportar para que éstas queden en equilibrio y no tropiecen con las patas de las caballe-

ria, de manera que si las piezas *g h* tuvieran longitud doble, el eje con las ruedas debería colocarse en el punto *q* corriendo á este punto el puente movible, en el que aquél debe quedar sujeto con tornillos. Para cargar las piezas se colocan sobre dos maderas *a a* apiladas de modo que el ancho total sea menor que la distancia entre *varas*; se coloca el carretón sobre las piezas, de manera que el eje quede sobre el centro de la longitud *g h*, y se calzan las ruedas según se ve en *b b*; luego se inclinan las varas y se atan sólidamente á las piezas según *c r* directamente ó por medio de un travesaño de madera resistente; se pasa la cadena *d e* por debajo de las piezas rodeándolas, y sus extremos se sujetan al cilindro giratorio *e* que debe tener su palanca *ff* en posición vertical, y al bajar ésta, según se ve en la figura, levanta la carga, la palanca se baja con ayuda de la cuerda *m* que se ata á las varas ó á las piezas cuando la carga ha tomado la posición *g h*; para mayor seguridad se pasan las cuerdas *o*. Las operaciones de carga y descarga se hacen fácilmente con este aparato.

La fig. 2, representa un *trinquibal* según su alzado, y la 3 una proyección horizontal sin las ruedas. Se compone del juego principal de ruedas unidas por el eje *g* que con las piezas *e e* se halla sujeto á la lanza *d* que en su extremo tiene un agujero cilíndrico en el que penetra la clavija *t* del juego delantero *b* que puede girar libremente alrededor del dicho punto *t*, situado sobre una pieza *s* fija al eje que una las ruedas para que la lanza *d* tenga una posición horizontal. El trinquibal se carga de una manera parecida á la explicada anteriormente, teniendo cuidado de que la carga pese algo sobre el juego delantero, lo que se logra siendo la distancia *v r* mayor que *r n*. Cuando no se puede cumplir esta condición por ser la pieza muy larga, se carga ésta en dos trinquibales (fig. 4), á los que se quitan los juegos delanteros, el tiro se une por medio de boleas á la lanza del primero. Si no se tienen trinquibales, se emplean para el transporte de las piezas muy largas, como los troncos de los pinos y abetos, dos piezas de ruedas (fig. 5), sobre cuyos ejes se cargan dos, tres ó más troncos, según se ve también en la fig. 6, sujetos con cadenas ó cuerdas fuertes; para marchar con tal tren por caminos estrechos (fig. 7), se enganchan los caballos á la lanza del juego delantero, y en la del posterior se asegura una cuerda *p q*, que puede también dar vuelta á la carga, y sujetándola un hombre por cada extremo, mantienen la lanza en la dirección conveniente para que las ruedas no se salgan del camino. Se transportan con rapidez, economía y prontitud piezas de grandes dimensiones y mucho peso por las vías férreas colocándolas sobre dos ó más vagones, haciendo de modo que las piezas giren alrededor de solos dos puntos, y por lo tanto pueda el tren recorrer las curvas circulares de la vía con toda facilidad, como si los vagones estuvieran independientes unidos sólo por los ganchos de tracción.

En el taller los maderos de poco volumen y peso puede transportarlos sobre el hombro una persona sola; cuando el peso de una pieza es algo mayor, la transportan sobre los hombros dos personas, una por cada extremo; si los dos la cargan sobre el mismo hombro, por ejemplo el derecho, no la conducen tan equilibrada ni pueden marchar ambos tan derechos como si cada uno la cargase en hombro contrario, por ejemplo, uno sobre el derecho y otro sobre el izquierdo. Para transportar las piezas muy grandes con hombres, es preciso que éstos se ordenen por estatura, y que alternadamente unos la sostengan con el hombro derecho y otros con el izquierdo á iguales distancias, marchando todos al mismo paso; para descargar la pieza suelen pasar todos la pieza al mismo hombro para arrojarla al suelo al mismo

tiempo, lo que debe prohibirse, porque es muy fácil que la pieza lastime al que no se retire con rapidez, y además si está labrada y tiene hechos algunos ensambles, puede sufrir desperfectos de consideración. Se transportan mejor las piezas sosteniéndolas por debajo con barras ó palancas cogidas cada una por dos hombres que las agarren por los extremos; también se pueden poner dos ó más hombres á cada extremo de cada barra cuando la pieza es muy pesada. En los talleres se emplea un pequeño trinquibal (figura 8) parecido á los ya descritos, el que se carga de manera semejante; para conducirlo á brazo, tiene en el extremo de la lanza y perpendicular á ella un travesaño horizontal.

Las piezas más largas y pesadas se transportan en el taller por medio de rodillos que se colocan debajo, empujándolas por medio de palancas; para una pieza bastan tres rodillos, dos que deben sostener la pieza y el tercero preparado delante para que se apoye sobre él la pieza cuando deja atrás el más superior. La fig. 9 demuestra en proyecciones vertical y horizontal las diversas posiciones que toma una pieza que debe seguir una línea recta á a' x, y luego otra curva x y z; colocada en la posición a b a' b' sobre los rodillos m n, se la empuja hasta que se apoye en el rodillo o; cuando llega á la posición c d c' d', se inclina el rodillo q con un golpe de mazo para que la pieza tome la dirección x z, marchando, según se ve, en la posición e f e' f' y así sucesivamente; si las piezas estuviesen labradas, no debe emplearse la palanca y se tira de ellas con cuerdas ó se las hace marchar á mano.

Las piezas muy pesadas requieren el empleo de rodillos continuos como los de la figura 10. Los rodillos e e con sus cabezas reforzadas con aros ó ganchos de hierro, tienen abiertas unas escopleaduras para poder introducir las palancas que les hacen dar vuelta; las gualderas b b encajan en unas ranuras ó gargantas abiertas en cada rodillo, las que por medio de ensambles se hallan sujetas por las teleras c c aseguradas con tornillos, que son las que aguantan la pieza a a que se ha de trasladar y la que se coloca sobre los citados rodillos, suspendiéndola por medio de crics ó gatos, sirviendo también éstos para descargarla cuando ha sido trasladada al punto deseado y poder quitar de debajo de ella los rodillos conductores.

Apilamiento de las maderas. Las maderas, desde que se cortan en el bosque hasta que forman parte de las construcciones, exigen muchos cuidados y continua vigilancia para evitar las numerosas causas que pueden ocasionarles vicios que las inutilicen ó producir su descomposición parcial ó total. Los vientos fuertes y muy secos, la humedad constante de una temperatura elevada, los fuertes calores, las alternativas rápidas de sequía y humedad, son todas causas poderosas de la descomposición de las maderas recién cortadas, ya estén en rollo, escantilladas ó aserradas; cuando se secan demasiado pronto por efecto de vientos muy secos ó calores muy fuertes, es muy fácil que se rajen y pierdan gran parte de su valor por tener que desperdiciar bastante parte de ella para convertirla en piezas de poca escuadría, á fin de aprovechar la que se conserve en buen estado. Los líquidos vegetales que contiene, se descomponen y alteran la calidad de la madera cuando se halla en almacenes cerrados en los que reina una elevada temperatura, en cuyo caso la madera se calienta, pierde su tenacidad y es atacada por los insectos y se pudre. El mal adelanta tanto más rápidamente, cuanto mayor cantidad de madera se halla reunida, dando á conocer este estado en la madera el calor que se nota y un olor particular, fuerte y ácido que se siente al penetrar en el lugar en que se halla. La humedad y las heladas seguidas de aires secos y viceversa ocasionan otro género de descomposición, como también la continuada exposición á las influencias atmosféricas,

la permanencia en lugares húmedos faltos de aire y el prolongado contacto con la tierra. Para que la madera conserve todas sus buenas cualidades, es preciso evitar que se halle en ninguna de las circunstancias expresadas; cuando se apea el árbol deben cortársele todas las ramas y raíces, se divide el tronco en trozos de la longitud de las piezas que se desea extraer de él, los que se sacan del bosque; cuando es preciso dejarlos en este último durante cierto tiempo, se evita que toquen á tierra poniéndolos sobre rollizos algo inclinados al horizonte para que desprendan los líquidos que forma la savia; para librarles de los rayos del sol, se cubren con ramaje é hierbas secas. En el parque y en los puntos en los que se reune la madera, se deben tomar idénticas precauciones, cuidando además de no amontonarla de modo que el aire no pueda circular por sus caras ó paramentos todo lo posible; no debe arrimarse á las paredes ni dejarla expuesta á la inclemencia de las estaciones; tampoco es conveniente tenerla bajo cobertizos expuesta á todos los vientos, porque la madera se raja con mayor facilidad que cuando se halla al aire libre descubierta por completo. La mejor disposición para conservar en buen estado la madera, consiste en cobertizos que la pongan al abrigo del sol y de la lluvia, y los que puedan cerrarse lateralmente cuando los vientos reinantes no sean convenientes.

Es muy usual colocar apilada la madera en rollo en la forma que en dos proyecciones se ve en las figs. 1 y 2 de la lámina 60, separándola del suelo por medio de dos ó más troncos ó trozos de madera, también rolliza, fijos con calas ó cuñas, cuya disposición no es conveniente por la falta de espacio para circular el aire, lo que ocasiona la descomposición de la madera al cabo de cierto tiempo si ésta es verde. Es más conveniente colocarla por capas alternadas, perpendiculares entre sí, según se ve en las figs. 3 y 4, que son dos proyecciones de una misma pila, cuya disposición requiere gran espacio cuando los troncos tienen mucha longitud, como por ejemplo, si proceden de pinos ó abetos; en este caso y si el espacio es estrecho, se colocan todos en la misma dirección (figuras 5 y 6), separando cada capa por medio de latas ó maderas de poco grueso procedente de los mismos troncos, pero cada capa debe tener al mismo lado la parte gruesa de los troncos y en posición contraria á los de las capas inferior y superior inmediatas para conservar la horizontalidad. Estas pilas se acostumbra á cubrirlas con techos formados de tablas para defenderlas de las lluvias, según se ve en las figs. 2, 3, 5 y 6.

Las maderas encerradas y aselladas exigen mayores cuidados por presentar mayor superficie á las influencias atmosféricas y tener más valor por la mano de obra ya empleada. Las pilas deben formarse con maderas de la misma clase ó especie, cortadas en la misma época y que tengan igual escuadría y longitud; la primera capa debe estar bastante elevada sobre el suelo, y hasta es conveniente que éste se halle empedrado ó cubierto con una gruesa capa de hormigón, dándole cierta inclinación para que las aguas no se detengan en él; en vez de maderas ó durmientes, es más conveniente formar muretes ó pilares de mampostería para sostener las pilas. Las piezas que componen cada capa ó lecho deben separarse, si es posible, tanto como el ancho ó tabla de cada una; pueden ponerse á capas alternadas de igual número perpendiculares entre sí como en las figuras 7 y 8 que representan una pila cuadrada, pero es más conveniente que una de las series de capas en vez de la forma en la fig. 8, se componga de menor número de piezas como se ve en la fig. 9. Los tablones y tablas de poco espesor pueden ponerse bajo la primera forma (figs. 10 y 11, lám. 61), pero si la madera no está bien seca, debe colocarse en la segunda, como se ve en las figs. 10 y 12; en esta proyección se observa que una de las

series de capas ó lechos se compone cada una de tres tablas solamente, que sirven para sostener y separar los lechos entre los que puede circular mejor el aire y en mayor cantidad que en la anterior forma; pero la mejor manera de apilar las tablas se ve en las figuras 13 y 14, que representan dos proyecciones de una pila, en la que se substituyen los lechos transversales por latas que permiten que el aire se halle en contacto con todas las caras de las tablas. Los tablones pueden apilarse de la misma manera; las figuras 15 y 16 representan una pila formada sobre cubos ó paralelepípedos de piedra. Todas estas pilas deben cubrirse con tablas, como se ve en las figs. 10, 11 y 12, siempre que se presuma que debe permanecer la madera apilada durante bastante tiempo, y se las defiende lateralmente de la lluvia con tablas apoyadas á las pilas como en la fig. 10.

Las piezas de poca longitud se apilan como se observa en las figs. 17 y 18 (lám. 62). Pueden colocarse las tablas apoyadas en una pared y resguardadas por un pequeño cobertizo como en la fig. 19, en la que se ve que se hallan separadas del suelo por un entarimado; la exposición al Norte es la más conveniente. Cuando las piezas tienen grandes dimensiones y mucho peso para formar la pila (figs. 20 y 21), se colocan dos largueros *a a a* formando un plano inclinado, y sobre ellas se hace resbalar la pieza *b* que se quiere levantar, tirando de ella por medio de dos cuerdas *d* atadas ó enganchadas á sus extremos; para que la cuerda no se roce y disminuir la resistencia, se colocan dos rodillos que corren sobre las latas, en las que deben descansar las piezas; se pueden enganchar á las citadas cuerdas pares de mulas ó bueyes.

La madera que es atacada por un principio de descomposición, no vuelve nunca á su primitivo estado, aunque con la azuela ó el hacha se le quite la parte visiblemente podrida ó atacada de los insectos, si el mal es parcial, ya que no es posible determinar su límite por el aspecto del resto de la madera, que puede presentarlo bueno y sin embargo conservar el germen de la enfermedad; por lo tanto todas las precauciones son pocas para evitar que adquiera vicios ó enfermedades. La madera apilada ó almacenada debe revisarse con frecuencia, hacerla cambiar de lugar y de posición, removerla, quitar las piezas en las que se note alguna enfermedad, así como también las cuñas y apoyos que presenten mal aspecto, apartando toda clase de maderas viejas que pueda comunicarles un principio cualquiera de descomposición. Si las maderas se mojan, es preciso secarlas antes de apilarlas ó almacenarlas de nuevo; para esto se colocan derechas apoyadas á las paredes, ó se hacen pilas huecas como la que se representa en proyecciones vertical y horizontal en las figs. 22 y 23, ó bien en la forma piramidal de las figs. 24 y 25; también se pueden poner como manifiestan las figuras 26 y 27. Si se hallan muy mojadas, se colocan de canto apoyándolas en cuatro pies derechos, como expresan las figuras 28 y 29.

CONSERVACIÓN DE LAS MADERAS

La descomposición de las maderas proviene de la fermentación y putrefacción de las materias nitrogenadas que contienen, activadas por la humedad y el oxígeno del aire ambiente. Dichas substancias nitrogenadas alimentan ciertas perjudiciales vegetaciones como los hongos, el moho y otras semejantes, que se desarrollan en las partes húmedas de las maderas, como también insectos de especies diversas que penetran profundamente en ellas y las destruyen rápidamente. Infinidad de medios han sido ideados para evitar tales

causas de destrucción que pueden clasificarse como sigue:

1.° Interposición de substancias impermeables y atermas entre la atmósfera y la madera, cubriendo la superficie ó paramentos de ésta con diversas substancias aisladoras.

2.° Inmersión de la madera en agua dulce, salada ó en líquidos artificiales.

3.° Desecación natural ó artificial por medio del aire, del vapor y del humo.

4.° Carbonización de la superficie de la madera ó ligera torrefacción.

5.° Inyección de un líquido antiséptico con auxilio de la presión física ó mecánica.

Dos ó más de estos diferentes medios han sido combinados, formando sistemas especiales preservadores.

Primer medio. Para preservar las maderas de las influencias atmosféricas y del ataque de los insectos, han sido cubiertas desde muy antiguo con capas de resinas, aceites, cera, tanino, sal marina, sulfatos de hierro, de zinc y de cobre, cloruros y otros compuestos, y así aislados ó combinados formando mezclas diversas que producen el efecto deseado, pero que no pueden emplearse en todos los casos y es preciso renovar con frecuencia las citadas capas.

Las resinas son las que más aplicación tienen especialmente para los buques, formando en ellas la brea ó alquitrán, que se obtiene, por la destilación seca de la madera de pino. La resinación de los pinos da un producto bruto, la miera, que fundida con un peso igual de brea produce la brea americana, que es la más apreciada para calafatear buques; se puede substituir la miera con pez negra. El alquitrán ó pez naval con que se carenan los barcos es un compuesto de brea y grasa. Tienen el inconveniente estos compuestos de ser bastante inflamables. Las resinas de diferentes procedencias combinadas con el alcohol, el éter y otras substancias, forman los barnices cuyo objeto es el de conservar las maderas finas, darles brillo y dejar visibles al mismo tiempo sus aguas ó veteado; la composición de los barnices es de la exclusiva competencia del ebanista.

El aceite de linaza combinado con el óxido de plomo y colores minerales, producen la pintura al óleo, que preserva á la madera perfectamente de la influencia de la humedad, tiene excelente aspecto, máxime si está combinada con los barnices, y dura bastante.

El aceite de linaza unido al sulfato de hierro, forma un compuesto que preserva la madera de la humedad.

La pintura al óleo, los barnices y preparados análogos, exigen que la madera esté bien cepillada y pulimentada como también que se halle bien seca, para lo que después de pulimentada debe dejarse algún tiempo expuesta á la acción del aire antes de cubrirla con la pintura que se da en varias capas sucesivas, debiendo esperar que seque bien cada una antes de dar la siguiente.

Se compone una pintura que rivaliza con la ya citada al óleo, haciendo una mezcla de cloruro de zinc, tartrato de potasa, el color necesario y la fécula precisa para que ligue, disuelto todo en agua que se pone á calentar, y una vez bien amalgamado el conjunto, se da en caliente tardando media hora en secarse. Entre varias ventajas cuenta la de ser económica.

Dos ó tres capas de pirolignito de hierro libran á la madera de la humedad y la cubren con una substancia dura.

Segundo medio. La inmersión en frío ó en caliente da buenos resultados en una especie de maderas y malos en otros; los líquidos penetran poco en las maderas compactas y resulta insuficiente la operación. Algunas maderas se sumergen por completo en agua corriente dulce durante cierto tiempo, y en ella se disuelven las partes de la savia sujetas á la descomposición, que son reemplazadas por el agua, ésta se evapora después fácilmente, y la madera resulta menos sensible

á la influencia de la humedad. La inmersión incompleta es perjudicial á la madera. La operación es más rápida si se hace en agua caliente que no pase de 30 grados durante diez ó doce días, pero resulta cara, y después es preciso secar la madera en una estufa de tal modo que la madera no se raje. La madera pierde parte de sus buenas cualidades si la inmersión se hace en agua que pase bastante de 30 grados ó que llegue á hervir.

Las maderas que se destinan á la construcción naval se acostumbra á sumergirlas en agua salada que las conserva; absorben menos cantidad de agua salada que dulce, y una vez saturadas de la primera, absorben todavía bastante cantidad de la segunda. Las maderas destinadas para construcciones civiles, no es conveniente sumergirlas en agua salada, porque después absorben rápidamente la humedad de la atmósfera, se hacen difíciles de labrar y aumentan de peso.

Se preservan las maderas de la caries seca sumergiéndolas en agua, en la que se haya disuelto deutocloruro de mercurio, por espacio de unos siete á veinte días según su escuadría, pero la madera preparada de esta manera sólo se puede emplear en construcciones que no estén expuestas á la humedad.

Tercer medio. Al aire libre tardan un año en secarse las maderas, y es preciso tomar muchas precauciones para que no se rajen, exigiendo este medio la construcción de extensos cobertizos que las defiendan de la lluvia y de los rayos del sol. Las estufas abrevían extraordinariamente la operación, que se hace fácilmente en las maderas de mucho consumo en las construcciones, y en particular con las traviesas de ferrocarriles que con este procedimiento alcanzan bastante duración siempre que estén dispuestas de modo que se evite el inconveniente que se presenta cuando se secan maderas por medio de aire caliente ó humo que reciben en lugares cerrados, el cual consiste en que cada vez que la temperatura disminuye, vuelve á depositarse condensado sobre la madera el vapor de agua encerrado con el humo, y se retarda por lo tanto la operación del desecamiento. Se han ideado con mayor ó menor éxito varias estufas de desecamiento, dispuestas de modo que tenga salida fácil al exterior el vapor de agua procedente de la madera: las más conocidas son las estufas Dorsett y Blythe, las de Guibert, las que se emplean en Francia en el ferrocarril del Este y las del sistema Freret que son las más usadas, teniendo todas ellas por principal objeto la preparación de traviesas para las vías férreas. En las estufas Freret se produce la evaporación de la humedad de la madera, conservando al principio la suficiente para que el desecamiento de la superficie exterior no sea demasiado rápido y produzca en ella rajas ó hendiduras. El fuego se alimenta en los hogares con virutas, cuyo humo se halla cargado de creosota, la que se combina con el ácido acético ó piroliñoso que con el calor se desprende de la madera, cuya combinación satura la madera inyectándola, por lo que esta estufa efectúa una doble operación física y química de desecamiento é inyección. La estufa se compone de varios hogares, en los que se regula el fuego de las virutas por medio de fuertes correderas verticales equilibradas por contrapesos: sobre el fuego del hogar se colocan planchas de palastro que sirven de pantallas para que el fuego no llegue á las maderas, y al mismo tiempo para dirigir el humo al centro de la estufa que está formada por cuatro paredes cerradas y cubiertas por un doble techo, compuesto el primero de tablitas colocadas como las de las pernarias é inclinadas que dan paso al humo que se dirige á unos conductos inversos, en los que se condensa el vapor y se hallan en comunicación con chimeneas de aspiración que dan paso al exterior al humo, y tienen en la parte baja un conducto que da salida al agua producida por la condensación

del vapor producido por las maderas, las que se introducen por puertas dispuestas en la pared superior de la estufa y se colocan sobre un enrejado formado por hierros de doble T, teniendo cuidado que estén espaciadas para que el humo las rodee por completo. Un registro abierto al lado de las puertas sirve para colocar un pedazo de madera que se coloca como prueba, y puede sacarse cuantas veces convenga para examinar la marcha de la operación, que dura de cinco á ocho días según la calidad de las maderas. Conviene este procedimiento á las maderas abundantes en ácido piroliñoso, como las de encina, nogal, haya, olmo, fresno, etc.

Cuarto medio. Es antiquísima la costumbre de carbonizar la superficie de las maderas que se introducen en tierra para preservarlas como los pilotes, pies derechos de vallados ó cerramientas, estacas ó rodrigones, etc., pero hace pocos años que se emplea este procedimiento para las maderas que se emplean en algunas construcciones especiales. Los constructores navales dan una capa de brea ó alquitrán á la parte exterior del barco, y la hacen arder por medio de ramaje hasta que se carbonice la superficie y penetren en ella aquellas substancias, formando una capa preservadora; observando esta operación, ideó M. de Lapparent, ingeniero naval en Francia, un procedimiento de carbonización superficial de las maderas por medio del gas del alumbrado; para ello lava primero y enjuga la superficie de la madera, dirigiendo después sobre ella un soplete de gas compuesto de un mechero por el que penetra una corriente de aire comprimido que aviva la combustión y aumenta la intensidad y poder calorífico de la llama para que la operación sea rápida. M. de Lapparent empleaba el gas comprimido en cilindros de palastro que hacía transportar al punto de la operación, y los que por medio de un regulador dejaban salir el gas comprimido de 10 á 11 atmósferas; el gasto era de un metro cúbico de gas para cada metro cuadrado de superficie.

El mismo objeto se consigue con la máquina de gas de Hugón, que consiste en una columna movible que sostiene un hornillo de hierro fundido; el fuego se dirige á la superficie en las maderas que se colocan sobre rodillos para correrlas en la dirección que convenga según vayan carbonizándose.

Quinto medio. Las obras públicas y las construcciones exigen cada día mayores cantidades de maderas y la producción de éstas disminuye; los bosques, que tardan tantos años en formarse, se agotan con rapidez en la proximidad de los grandes centros de población, dando por resultado que un material tan necesario aumente de precio tanto por su escasez como por el importe de los transportes. El problema que hace cerca de un siglo se trata de resolver, consiste en dar á la madera mayores condiciones de duración, librándola de los principios de descomposición que en sí misma encierra y de los ataques de los insectos, disminuyendo de este modo el consumo. Casi todos los medios que quedan descritos, sólo defienden superficialmente la madera, mientras dura la substancia que se interpone entre ella y la atmósfera ó los agentes destructores, sin que se eliminen las causas interiores de destrucción, el resultado de la inmersión es muy lento, las maderas compactas tardan años en ser penetradas por los líquidos, y muchas de ellas pierden en este estado sus cualidades especiales.

La idea dominante para resolver el problema de la conservación de las maderas, estriba en substituir á los líquidos descomponibles que forman la savia, otros antisépticos, que al mismo tiempo que las conserven, permitan su labra y empleo en toda clase de construcciones. Hasta el presente no se han podido llenar todas estas condiciones, y puede decirse que los procedimientos que se emplean tienen casi únicamente por objeto dar

duración á las traviesas de las vías férreas, cuyo consumo aumenta sin cesar á medida que se construyen nuevas líneas. Se han ensayado infinidad de substancias antisépticas y preservadoras, pero unas han resultado de precio excesivo, otras atacan los principios constitutivos de las maderas, algunas son perjudiciales á la salud y muchas exigen operaciones delicadas, complejas ó que descomponen los tejidos. Los medios propuestos para inyectar estas substancias también han sido varios. Bentham fué el primero que ideó en 1794 inyectar las maderas con líquidos antisépticos en espacios cerrados por medio del vacío y de la presión atmosférica. Pero el que hizo dar un gran paso á la cuestión fué el doctor Boucherie en 1838, que ensayó primero la inyección de una disolución de 5 por 100 de sulfato de cobre en los árboles vivos, aprovechando el movimiento ascensional de la savia, substituyendo después éste por la presión de una capa de agua de dos ó tres metros de altura para inyectar troncos cortados sin descortezar, cuyo sistema todavía se emplea en Francia para la madera que emplean los agricultores en cerramientos, rodrigones y otras piezas, perfeccionando la operación para la que se emplea en traviesas y postes telegráficos; para inyectar éstos se coloca el líquido inyectante, compuesto de un kilogramo y medio de sulfato de cobre por cada cien litros de agua, en un depósito á unos 8 ó 10 metros sobre el lugar en que se hallen las maderas, y se hace llegar por medio de un tubo de cauchuc ó un cilindro de hierro colocado en el topo ó cabeza de éstas. Los árboles deben estar recién cortados y debe evitarse colocar las maderas así preparadas en terrenos que contengan principios amoniacales. Este procedimiento se ha empleado durante bastante tiempo, pero ha recibido importantes modificaciones que lo han perfeccionado, abreviando la operación y haciéndola bastante más económica, ya que debía hacerse con maderas rollizas y además no se aprovechaba todo el sulfato de cobre empleado.

Bréant inventó un procedimiento para inyectar las maderas en cilindros cerrados bajo la presión de 7 á 8 atmósferas, el cual fué puesto en práctica por Bethell en 1840 para inyectar, en vez de sulfato de cobre, cloruro de zinc, que no dió resultado por ser esta substancia muy soluble en el agua y desaparecer con las lluvias; Bethell empleó el cloruro de zinc en vez del sulfato de cobre, porque éste corroía el hierro de la plancha del cilindro y se convertía en sulfato de hierro nocivo á las maderas.

La compañía Dorsett y Blythe, en 1859, volvió á emplear el aparato de Bethell para inyectar sulfato de cobre, revistiendo los cilindros interiormente con una capa de una mezcla de betún refinado y gutapercha, de un milímetro de espesor, una segunda de plomo de dos milímetros, y un forro de roble y pino de cuatro centímetros de grueso; estos cilindros se combinan con una doble estufa, en la que se desecan primero las maderas antes de ser encerradas en aquéllos para ser inyectadas.

En 1861 se dió á luz el procedimiento Légé y Fleury-Pironnet para la inyección de sulfato de cobre. Las maderas se introducen en un cilindro de cobre de 12 metros de longitud y $1^{m}60$ de diámetro, cerrado en sus extremos por superficies esféricas, por el que se hace pasar una corriente de vapor de agua producida por la caldera de una locomóvil de unos doce caballos de fuerza, que arrastra las substancias solubles de la madera, y al salir del cilindro pasa á unas serpentinas colocadas en los cabos en que se halla la disolución de sulfato de cobre calentándola hasta unos 40 ó 50 grados; la presión interior del vapor en el cilindro es de una atmósfera á una y media, y la operación dura veinte minutos, quedando desecada la madera; entonces se cierra el cilindro y se hace el vacío en 4 minutos con unas bombas aspiran-

tes movidas por la misma locomóvil y con ayuda del condensador. El vacío se mantiene durante 10 minutos y á continuación se pone el cilindro en comunicación con las cubas en que se halla la disolución de sulfato de cobre que por la presión atmosférica penetra en ella y casi la llena en 8 minutos; se concluye de llenar y se eleva la presión interior á doce atmósferas con otra bomba impelente movida por la locomóvil en veinte minutos, cuya presión de doce atmósferas debe conservarse mientras va penetrando el líquido en la madera durante otros 25 minutos por medio de dicha bomba; concluído este espacio de tiempo, se abre el grifo de aire, se vacía el líquido que vuelve á las cubas en 10 minutos y se destornillan las cabezas del cilindro para poder secar las maderas en otros 8 minutos. Todas las operaciones se hacen en casi dos horas, y como en cada una se preparan 120 traviesas, se pueden conseguir 720 en cada día laborable, quedando inyectada toda la albura de las maderas compactas y algunos milímetros del duramen. Para el roble se emplean en cada operación cerca de tres horas.

También se emplea el aceite de creosota, que contiene ácido fénico, combinado con el ácido piroleñoso para inyectar las maderas, pero resulta caro el procedimiento y no admiten pintura las maderas así preparadas.

Para inyectar las maderas labradas y que éstas admitan la pintura al óleo, se emplea el cloruro de zinc inyectado por el procedimiento Brunnet, parecido al Légé-Fleury.

Se emplean también el sulfato de barita, el de estronciana, el ácido tánico y pirolignito de hierro, con resultados parecidos á los del sulfato de cobre.

Incombustibilidad de la madera. Los terribles resultados de los incendios, especialmente en estos últimos tiempos, han hecho estudiar el medio de aminorar sus desastrosos efectos y prevenir en lo posible las causas, no siendo el peligro menor la gran cantidad de madera que en algunos edificios públicos se emplea, como por ejemplo en los fosos, telares y decoraciones de los teatros. Los medios que se han propuesto para librar de los efectos del fuego á las maderas, han consistido en cubrirlas con materias incombustibles, inyectarlas con substancias preservadoras y cubrirlas con planchas ú hojas metálicas, pero ninguno de estos medios produce resultados satisfactorios. Los revocados y enlucidos con yeso y otras materias parecidas oponen durante muy poco tiempo un obstáculo á las llamas, se quiebran y saltan pronto, dejando al descubierto las maderas ya carbonizadas; lo mismo sucede con cualquier otra substancia con que se cubran las maderas. Muchas substancias se han ensayado para preservarlas del fuego; entre ellas se cuentan un compuesto á partes iguales de fosfato de amoníaco y cloruro amónico; otro de borato de sosa y sal amoníaco, una disolución de alumbre con sulfato de hierro, el cloruro de calcio, el pirolignito de hierro y el sulfato de cobre, el tungstato de sosa, una disolución de bórax y sal común, y los silicatos de sosa y de potasa disueltos en agua caliente mezclados con polvo de ladrillo, cuya mixtura se da en caliente con una brocha cuatro ó cinco veces, dejando transcurrir un día entre cada dos operaciones sucesivas.

Varias experiencias han dado á conocer que el vidrio soluble, ó sea la citada disolución del silicato de sosa ó de potasa, disminuye la combustibilidad de la madera, cubriéndola con una especie de barniz formado con dicha disolución. Se pulimenta la superficie de la madera, que ha de quedar muy lisa, y se le aplica con una brocha, que se pasa dos ó tres veces, hasta dejarla bien saturada, la solución formada con una parte en volumen de silicato concentrado como el jarabe y tres partes de agua, cuya mezcla se agita bien antes de emplearla; seca esta primera capa, se le da otra de cal grasa de

buena calidad apagada en bastante agua, hasta formar una crema espesa y batida con cuidado; se espera á que se seque esta segunda capa para darle otra de silicato, formada por dos partes de esta substancia disuelta en tres de agua que se baten bien para que la mezcla resulte bien homogénea; la capa de cal, si es espesa, se cae con el roce cuando seca, y entonces es preciso dar otra vez la segunda solución de silicato.

También ha dado buenos resultados para hacer incombustible la madera la siguiente disolución: bromuro de sodio un kilogramo; yoduro de sodio un kilogramo; sulfato de cobre 16 kilogramos; alumbre 16 kilogramos, disuelto todo en 1,000 kilogramos de agua, cuya disolución se inyecta en frío en la madera á una presión de cinco atmósferas en una caldera ó recipiente cerrado y capaz de contener las maderas que se quieren hacer incombustibles.

Se hace incombustible la madera y se le da la resistencia y dureza de la piedra, pues resulta petrificada, formando una mezcla compuesta de 40 kilogramos de óxido de manganeso, 40 de potasa americana, 80 de alumbre amoniacal y 100 de sulfato de zinc, que se mezclan en un recipiente, vertiendo sobre ellos 100 kilogramos de agua á 45 grados centígrados; se revuelve la mezcla hasta que se disuelvan los componentes, y entonces se le van agregando poco á poco 40 kilogramos de ácido sulfúrico de 60 grados. Cuando la disolución se halla corriente, se colocan las maderas en un recipiente sobre barras de hierro para que no toquen al fondo y separadas entre sí algunos milímetros, se vierte sobre ellas la disolución hasta cubrirlas y se hacen hervir en ella unas tres horas, dejándolas después secar antes de emplearlas en las construcciones.

Las cubiertas metálicas defienden por de pronto las maderas, pero una vez caldeadas aquéllas, producen la carbonización inmediata de éstas y además tienen gran coste, por lo que no puede aconsejarse este procedimiento.

CAPITULO X

ENSAMBLES

CONSIDERACIONES GENERALES

Se diferencían las obras de madera de las de mampostería en la clase de materiales que en cada una de ellas se emplean y en los procedimientos de ejecución. Para las obras de mampostería se colocan las piedras ó mampuestos en forma de prismas, por lechos ó hiladas horizontales unas sobre otras sin intervalos; logrando la estabilidad necesaria por su propio peso y la interposición del mortero que las une y llena los huecos cuando los prismas no tienen formas completamente regulares, cuyo conjunto forma muros compactos sin más huecos que los que exige el destino de los edificios. Por el contrario, las construcciones de madera se componen de prismas de gran longitud y poca escuadría, cortadas convenientemente y colocadas con diversas inclinaciones, combinadas de modo que los extremos de las unas se apoyan en algún punto de la longitud de las demás, y se apuntalan mutuamente dejando entre ellas grandes claros, de cuya disposición resulta fuerza y estabilidad, gran rapidez en ejecución, ligereza, economía y fácil aplicación á toda clase de construcciones. Las obras de mampostería tienen á su favor la solidez, la fuerza, la duración y la incombustibilidad, mientras que las de madera son preferibles por la rapidez con que se ejecutan, su poco peso y menor coste.

Los inconvenientes de las primeras son los pesos improductivos, lentitud en la construcción, excesivo coste y dificultad de aplicación en ciertos casos; los de las segundas consisten en la corta duración, y sobre todo la combustibilidad.

Las obras de mampostería son legados que deja el genio de las generaciones que las construyen á las venideras; las de madera, por obras útiles á las generaciones que las llevan á cabo.

La forma más sencilla y que la imaginación concibe más fácilmente es la prismática rectangular, que también es la más fácil de ejecutar y la más conveniente para las construcciones. En mampostería es la forma que presenta mayor estabilidad y la que se pres-

ta á toda clase de combinaciones. En carpintería, es la necesaria y precisa para satisfacer á las combinaciones regulares de las piezas de madera y á la perfección de los ensambles, vista la forma de los árboles, que son los que proporcionan el material principal y casi único en esta clase de construcciones. Las piezas de madera deben tener cuatro caras planas, pues de tres, los ángulos resultan agudos y serían débiles, mayor número de caras complicaría los ensambles y no daría mayor fuerza á las piezas.

Los principios generales de ejecución se basan en la estabilidad, y de ésta se originan los siguientes:

1.° Los ejes de las piezas deben cortarse para evitar la tendencia á la torsión de unas sobre otras que tendría lugar de no verificarse así;

2.° Las piezas deben dirigirse en línea recta desde los puntos de aplicación de las fuerzas á los fijos donde se destruyen;

3.° Se entiende por estabilidad la no tendencia al cambio de figura dentro del sistema, por lo que se puede considerar éste tendiendo á oscilar sobre los puntos fijos, deduciéndose que si éstos están debajo de los centros de aplicación de las fuerzas, el sistema debe hacerse invariable; pero si aquéllos están encima, tiende á recobrarse la estabilidad, aunque se haya perdido algún tanto.

El eje de una pieza de madera es una línea recta paralela á sus aristas, que pasa por su centro de gravedad ó por los centros de los rectángulos de escuadría.

Para que dos piezas de madera que se encuentran puedan asegurarse ó fijarse mutuamente sin que ninguna de las dos sea solicitada por la otra ó impelida á girar sobre su eje, es preciso que los dos ejes de las dos piezas pasen por un punto común, ó lo que es lo mismo, que los ejes de las dos piezas ensambladas deben estar en un mismo plano.

Dichas condiciones se satisfacen por la mutua unión de las piezas, que es lo que constituye el ensamble, que es el medio de unión de dos ó más piezas, de modo que juntas resistan en cuanto sea posible como si fuese una sola.

Si se consideran dos piezas retangulares A y B (fig. 1, lám. 63), que quieren ensamblarse, es preciso distinguir con diferentes nombres las seis caras de cada una de ellas. Las caras paralelas al plano de los ejes, ó sean las que se ven de frente en la figura, y sus opuestas ó posteriores, se denominan *caras de paramento;* las perpendiculares á éstas y paralelas respectivamente á cada eje se llaman *caras de espesor;* las perpendiculares á cada eje ó sean las que determina la escuadría reciben el nombre de *cabezas.* Estos nombres reciben también las piezas cuando su sección transversal es un rombo ú otro cuadrilátero, á las que llamaremos escantilladas, cuando son curvilíneas ó cuando hay más de dos piezas.

Se ensamblan dos piezas haciendo en la una una cavidad donde se aloje una porción de la otra, cuya cavidad estará terminada por una ó varias porciones de las superficies que forman las caras de la pieza alojada, denominándose *junta* ú *ocupación* de una pieza sobre otra á todas las citadas porciones. La junta está siempre circunscrita por las líneas que marcan las intersecciones de las caras de una pieza sobre las de la otra. En las dos piezas A y B se ve la junta más sencilla, que es la *a b*, y la ocupación es el rectángulo proyectado según dicha línea. Cuando la parte correspondiente de una pieza se sitúa en la junta ú ocupación de la otra, se dice que se ponen en junta ambas piezas.

Para que una junta tenga la forma más sencilla y al mismo tiempo sea fácil en ejecutar, es preciso que la junta ú ocupación en ambas piezas sean planas, de la misma extensión y simétricas con relación al plano de los ejes, lo que exige que las dos caras

de cada pieza sean perpendiculares á este mismo plano, y que las otras dos caras le sean paralelas, motivo por el que deben ser escuadradas las piezas de madera que se emplean en las construcciones y en la mayor parte de las obras de carpintería.

Cuando la unión de las piezas se verifica por simple contacto, como en la fig. 1, se ve entre las piezas A y C que se consideren á punto de ponerse en junta según *a b a' b'* que será la ocupación, se dice que se unen á *junta plana*. Este sistema de junta necesita se empleen clavos ú otra clase de sujeción para impedir que una de las piezas resbale sobre la otra, como se ve en la fig. 2. Los cortes entrantes y salientes que componen las diferentes caras en la junta constituyen el ensamble, y se dicen que están ensambladas dos piezas cuando se ajustan ambas por completo, según dichos cortes.

La solidez y exactitud del trabajo requieren que los cortes de un ensamble estén ocultos, ó por lo menos comprendidos en la extensión de la junta ú ocupación, y no deben entenderse fuera de los planos ó caras de paramento de las dos piezas, motivo que obliga á poner dos de las caras de las piezas ensambladas paralelas al plano de los ejes.

Para hacer el estudio de los ensambles, se considera el caso de unir sólo dos piezas, pues del ensamble de estas dos se deduce el medio que debe emplearse cuando sean tres ó más las piezas que tengan que ensamblarse.

Los ensambles pueden ser de piezas rectilíneas y de piezas curvilíneas.

Los ensambles de piezas rectilíneas se pueden clasificar en tres grupos, según la manera de encontrarse ambas piezas.

PRIMER GRUPO. Ensamble de piezas que forman su ángulo. Pueden ocurrir tres casos:

Primer caso. El eje de la una termina en un punto de la longitud de la otra. A los principales de esta clase se les llama *escopleadura* y *espiga*.

Segundo caso. Los ejes se terminan mutuamente. Se conoce con el nombre de ensamble de *ángulo*.

Tercer caso. Los ejes se cruzan ó cortan prolongándose más allá del punto de encuentro. Se le da el nombre de ensamble de *cruce* ó *cruzado*.

SEGUNDO GRUPO. Ensamble de piezas cuyos ejes están en prolongación uno de otro. Se titulan *empalmes* y pueden suceder tres casos:

Primer caso. Empalmes horizontales.

Segundo caso. Empalmes verticales.

Tercer caso. Empalmes de tablestacas.

TERCER GRUPO. Ensamble de piezas cuyos ejes son paralelos. Pueden ocurrir dos casos:

Primer caso. Las piezas están en inmediato contacto y se titula el ensamble de *jumelas*.

Segundo caso. Las piezas están separadas abrazando otras en su intermedio. En este caso, el ensamble se titula á *cepo* ó de *brida*.

PRIMER GRUPO.—PRIMER CASO

ENSAMBLES A ESCOPLEADURA Y ESPIGA

Para hacer este ensamble entre dos piezas, es preciso cortar en la cabeza ó extremo de una de ellas un poliedro en relieve que se denomina *espiga*, y en el espesor de la otra pieza cortar otro poliedro igual en hueco al que se da el nombre de *escopleadura*. Las dos piezas se unen haciendo penetrar el primer poliedro en el segundo. La dirección de las fuerzas que obran sobre las dos piezas, determinan la forma de dichos poliedros, y la solidez del ensamble depende de la precisión con que se hagan los cortes que componen sus diversas caras ó paramentos.

Este ensamble es el principio y base de la mayor parte de los demás, por lo que se le describe con más detalles y se le representa en mayor escala en las figuras correspondientes. Para la representación de los ensambles el plano horizontal de proyección será paralelo al de los ejes de las piezas, auxiliando con el número de planos verticales necesarios para la completa inteligencia de los cortes.

Los detalles de ensambles no se dan á escala porque se refieren á piezas de madera de todas dimensiones.

En todas las proyecciones se designan con las mismas letras piezas y objetos análogos. El exponente 1 se adopta para la proyección vertical de encima de la horizontal, y el 2 para la proyección verticular de la izquierda de éste.

Ensamble recto á escopleadura y espiga. Figura 3, lámina 63. Las dos piezas A y B se encuentran según un ángulo recto que es el caso más sencillo que puede ocurrir, los ejes de la pieza son *m n*, *p q*. A es la pieza que lleva la espiga y B es la que tiene abierta la escopleadura en que entra aquélla; el punto *o* es el de encuentro de ambos ejes. La fig. 4 da á conocer por proyecciones sobre los mismos planos y con las mismas letras las piezas citadas separadas. En una de las caras de espesor en la pieza B se abre una cavidad $b, b' \, b^2$, que es la *escopleadura*, rectángulo cuyo grueso es igual á la tercera parte de la línea de junta de la ocupación.

La profundidad es la que se cree necesaria para la resistencia de A. En la cabeza de ésta se quita por arriba y por abajo una tercera parte de su espesor, y queda una porción saliente *f f h h*, *f' f' g' g'* que es la *espiga.* La escopleadura y la espiga deben tener la tercera parte del grueso de las piezas para que no se rompan los costados de la escopleadura que quedan en B, ni la espiga A por ser débil. Se ve que la escopleadura b^2 tiene de ancho un tercio de *v x* ó de *z y* de la cara de espesor B^2.

La pieza debe ser un poco más corta que el fondo de la escopleadura para que no se destruya ésta por la presión de A, ni se aplaste la espiga A contra el fondo de la escopleadura.

En la espiga las caras *f f h h*—*f' g'*, *f' g'* se llaman *caras de paramento de la espiga*, las *f h*, *f h*, *f' f' g' g'* son sus *caras de espesor*, la *f f*, *f' f'* es la *cabeza* y las *h' g'*, *h' g'*, *h h* son los *derrames;* el rectángulo *h h*, *g' g'* es la raíz. En la escopleadura se llaman caras de paramento, de espesor y derrames de la escopleadura, las correspondientes á las ya citadas de la espiga; la que queda frente á la cabeza de la espiga se titula *fondo.* Para asegurar este ensamble se le pone una *clavija* de madera dura (fig. 5), que se introduce á martillo en un taladro que se abre á la tercera parte de la espiga á un tercio de la raíz; la clavija debe tener un diámetro próximamente igual á la cuarta parte del espesor de la espiga.

Las aristas de la cabeza se achaflanan para no deteriorar la escopleadura al poner las piezas en junta.

En *v x y z* de la proyección B^2 se ve de frente la junta ú ocupación en ella de la pieza A.

La rigidez é inmovilidad de un ensamble debe basarse en la precisión del coste y ajuste de las piezas y la presión de la junta debe ser efecto de la que las piezas se comunican mutuamente por el efecto previsto de las funciones que cada una llena en la composición de la construcción de que forman parte; por lo tanto no deben considerarse las clavijas como medios de sujeción, y sólo deben servir para sujetar provisionalmente las piezas en el taller y al colocarlas en posición. Una armadura ó conjunto de piezas colocado en su posición definitiva debe conservar su estabilidad y solidez sin necesidad de las clavijas, porque en el caso contrario,

la rotura de una de éstas produciría la caída del conjunto. Las clavijas, que sirven también para tapar los agujeros provisionales, se cortan á enrase de las caras de paramento una vez terminado el ensamble y bien ajustado.

Ensamble oblicuo á escopleadura y espiga. Las piezas A y B pueden encontrarse oblicuamente según se ve en la fig. 6, lám. 64; la figura 7 da á conocer este ensamble oblicuo con las piezas separadas. La espiga *a* está cortada según la dirección *m n* de las fibras de la madera de la pieza A. Si el prisma hubiera conservado su forma, la cara de espesor de la espiga tendría la posición *h f* y se hubiera tenido que cortar de la misma mane *h' f'* la correspondiente de la escopleadura en la pieza B, lo que ocasionaría que la pieza A sólo podría entrar en la escopleadura en la dirección *m n*, lo que no sería posible cuando el conjunto se compusiese de varios ensambles; como se ve en la fig. 8, en la que, si se consideran las dos piezas *x* é *y* ensambladas en *e*, no sería posible que las espigas *c* y *d* pudiesen penetrar en sus escopleaduras respectivas *a* y *b* de la pieza *z* por ser la distancia *a b* menor que la *c d*.

Además, si en la fig. 7 se conservase la espiga según *f h*, sería fácil que en virtud de alguna fuerza de la pieza A obrase ésta á modo de cuña, y entonces la pieza B se hendiría en la dirección del hilo de la madera *f' k*, y finalmente es bastante difícil cortar la cara de espesor de la escopleadura en la dirección *h' f'*. Todas estas dificultades se evitan cortando la espiga según un plano *h i*, *h' i'* perpendicular al de los ejes y á la cara de espesor de la pieza B. Con este corte dado á las espigas *c* y *d* de la fig. 8 penetrarían fácilmente enfrente las piezas *x* é *y* en la *z*.

Estas formas son las más sencillas como ensambles á escopleaduras y espiga rectas y oblicuas, pero estos últimos no resisten bien á los esfuerzos ó empujes de todo género que reciben en la construcción de importancia. La pieza A tiende á resbalar en la dirección *q p* en la longitud de la pieza B, y el empuje lo reciben por completo la espiga y la escopleadura; la espiga no puede tener el suficiente grueso para recibirlo y las fibras de la madera de la espiga, que están cortadas oblicuamente por el plano *h i*, pueden ceder con mayor facilidad que las de la escopleadura *h' i'* que presenta sus fibras de frente, lo que produce en la espiga una depresión ó una raja en la raíz de la espiga como se ve en *s* en la fig. 9, cuyo desperfecto se comunica al resto de la pieza como se observa en *t t*. Para evitar este inconveniente se cortan los ensambles oblicuos á *espera* según se manifiesta á continuación.

Ensamble á escopleadura y espiga con espera. La fig. 10, lám. 65, representa un ensamble oblicuo de esta especie entre las piezas A y B. La fig. 11 da á conocer el mismo ensamble con las piezas separadas dadas por todas sus proyecciones para que puedan verse bien las direcciones de los diversos cortes como se ha hecho en el caso anterior; la A^4 es la vista por el plano *t v*, la A^5, por el *h i*. La *espera* consiste en un corte hecho en la cara de la pieza B que recibe el ensamble según las líneas *h' k' k' l'*, que son las trazas de los planos de corte sobre las caras de paramento. La parte anterior de la espera correspondiente á *h' k'* está en el mismo plano de *e' k'* de la escopleadura, siendo próximamente *h k* la cuarta parte de *h e*. El corte *k' l'* recibe el derrame *k l* de la espiga, y la parte *k h* encaja en *k' h*. El derrame *h r* de la fig. 7 se substituye aquí con la línea *k l* que forma el de la espera.

La ocupación de la cara de espesor *k e* en la espiga se ve en verdadera magnitud en A^6. El plano *h k*, *h' k'* se llama delantera de la espera, y el *k l k' l'*, pendiente ó paso en la espera. Con la espera se aumenta la superficie de junta ú ocupación, y la pieza A se apoya en la delantera en la espera *k' h'* de la escopleadura en toda la extensión de su pa-

ramento de espesor proyectado en *h*; además, el ángulo agudo *h* en la fig. 7 se convierte aquí en obtuso y evita se levanten astillas, como allí se manifestó, presentando todo el conjunto gran resistencia.

Algunas veces se da á la ocupación en la espera la dirección *h' x* (fig. 10), que divide en dos partes iguales el ángulo que forman las dos piezas A y B, con lo que las fibras de las dos piezas se cortarían bajo ángulo igual, pero es difícil de ejecutar el corte de modo que el corte de la espera sea plano y coincida con el correspondiente de la espiga, á menos que á ésta se le dé también la dirección *h' x y*, en cuyo caso resultaría que el corte de la escopleadura no sería perpendicular al plano de la cara de espesor de la pieza B y se aumentarían las dificultades de ejecución. Además esta dirección *h' x y* disminuye la magnitud de la espiga y por consiguiente la resistencia del ensamble, lo que no es conveniente.

Cuando las piezas A y B no son de igual espesor, las caras de paramento no se hallan en el mismo plano, pero sí en planos paralelos; en este caso se hace el ensamble según se ha explicado, pero la espera resulta oculta según se ve en la fig. 12, en la que se consideran ensambladas las piezas A y B. En la 13 se representa el mismo caso con las piezas separadas.

Puede suceder que estas mismas piezas A y B se tengan que ensamblar de modo que sus caras de paramento se hallen de frente en el mismo plano, en cuyo caso sería aparente en esta cara la espera como en las figuras 10 y 11, pero en la otra cara de paramento de la pieza A quedaría oculta; los ejes de las dos piezas A y B no se cortarían entonces, y la primera cargaría en la pieza B más en un lado que en otro de su cara de espesor.

La espera presenta la ventaja de dar por un medio sencillo gran fuerza á los ensambles, ser de fácil ejecución y poderse hacer con exactitud perfecta, porque las partes esenciales de la espera, que deben estar en contacto, son siempre planas y pueden labrarse perfectamente con las herramientas. Generalmente se da á la delantera en la espera una dirección perpendicular á la cara que recibe el ensamble, porque la escopleadura en ángulo recto es la más fácil de labrar y la que puede hacerse con mayor exactitud.

Las maderas de sección cuadrada se ensamblan algunas veces á *simple espera ó espera sencilla*, sin espiga ni escopleadura, según se ve en la fig. 14, en la que la pieza A se ensambla á la B á simple espera, siendo la delantera *x v* perpendicular á la cara de espesor de la pieza B. La pieza C, separada é igual á la B, da á conocer mejor el corte de la simple espera en ambas piezas.

El corte de la delantera de la espera puede tener una dirección *x y* (fig. 14), que divide en dos partes iguales el ángulo de ensamble, y puede también tener la dirección *x z*, perpendicular á las aristas de la pieza A, siendo en los dos casos fácil de ejecutar; de todas la mejor y la más sencilla es la *v x* que corta en ángulo recto las fibras de B y evita salte el ángulo en la delantera ó el paso de la espera.

Cuando las piezas ensambladas forman un ángulo demasiado agudo resulta muy larga la distancia *x r* de la ocupación, en cuyo caso se le da más fuerza quebrando el paso y haciendo la espera de dos ó más llaves ó delanteras, como se ve en la fig. 15, que representa un *ensamble de espera y llave* que puede hacerse de simple espera ó con espiga y escopleadura; tanto los pasos *v x y z* como las delanteras *u v x y* son respectivamente paralelas, pero es fácil que la presión de la pieza A haga saltar, según el hilo *y v* de la madera de la pieza B, el triángulo *v x y*, por lo que es preferible trazar la espera como se ve en la fig. 16, en la que el peso *v x* de la primera parte de la espera es

paralela á la cara de espesor de la pieza B ó sea siguiendo el hilo de la madera de ésta.

La espera se divide alguna vez en dos partes según su ancho, separándolas por un espacio que queda ó junta plana, como se ve en las cuatro proyecciones de la fig. 17, la espera es parecida á la de las figuras 10 y 11, sólo que no tiene espiga ni escopleadura, la delantera puede ser plana ó cilíndrica, según un arco de círculo descrito desde *g* como centro, con una profundidad igual á los dos quintos del espesor de la pieza B. Las dos esperas ocupan cada una un tercio del espesor de la pieza. Este ensamble, llamado junta inglesa, es algo difícil de ejecutar por tener las delanteras separadas por una parte central llena, y si no se dan los cortes muy exactos, puede rajarse la pieza A por el esfuerzo de dicha parte central, como también saltar las partes *t t* de la cara superior.

Los carpinteros ingleses emplean un ensamble de horquilla representado en la figura 18 por una sola proyección. Los dos tercios de la longitud de la ocupación *r u* los componen dos dientes que cada uno tiene un tercio del espesor de la pieza E, los cuales entran en los cortes de la espera *r v u* en las dos caras del paramento de la pieza D. Las delanteras *r v* son perpendiculares á la arista de E; el resto de la junta y la parte central que queda entre los dientes, están en el mismo plano *u t* á junta plana sobre la cara de ensamble de la pieza D, lo que puede ocasionar la rotura de E por *r s*, cuyo inconveniente se puede salvar formando espera en *t*.

Mejor clase de ensamble es el de la misma especie de la fig. 19 entre las piezas O y D; los dientes de la pieza O tienen de espesor el tercio de la madera y abrazan la pieza D á espera según *y z v*, las delanteras forman un arco *x z* de 60 grados descritos del centro *c* medio de *x v*. La parte central entre los dientes tiene el paso *y v* cortado como el de una simple espera, hallándose su delantera *x y* en el mismo arco de la de los dientes y tiene la cuarta parte de *x z*. Las delanteras resultan demasiado grandes con relación á la resistencia que necesitan cualquiera que sea su situación. Tiene además está junta el inconveniente de cortar muchas más fibras que una simple escopleadura, cuyo defecto sería muy grave si la pieza D tuviera que aguantar algún peso ó recibir los empujes de O. Este ensamble tiene además el inconveniente de que es muy difícil cortar bien y exactamente las superficies cóncavas de la pieza D y las convexas de la O; así como también qué ambas ajusten con precisión, debiendo observar que para que un ensamble sea bueno es preciso que pueda ser cortado exactamente de primera intención, sin tanteos que obliguen á retocar los cortes acortando las piezas ó dejando las juntas flojas.

La espera hecha entre los dientes evita uno de los defectos del ensamble de la figura 17, pero no el peligro de que salten los dientes por causa de cualquier efecto de torsión que pueda ocurrir, ya que no están sostenidos como las esperas de la espiga por la cohesión de las fibras unidas en todo el espesor de la madera. Es de todo punto preferible el ensamble á caja y espiga, ó escopleadura y espiga con espera.

La carpintería inglesa emplea en casi todos sus ensambles la misma delantera de espera cilíndrica, aun en el caso de tener que unir dos piezas en ángulo recto como en la figura 20, en la que la junta ú ocupación de la pieza A con la B se proyecta según un arco de círculo *x y z* de 120 grados, sea que el ensamble se haga á espera ocupando todo el espesor de la pieza B, ó bien á horquilla. También se forma ese ensamble á espera por dos planos cuyas trazas son las rectas *x z*, *z y*. Las ventajas de esta clase de ensambles no compensan las dificultades de su construcción.

Ensamble á inglete. Para dar más esta-

bilidad á la pieza J y que transmita más directamente sus esfuerzos á la pieza F, se emplea el ensamble á escopleadura y espiga á *inglete* (fig. 21), en el que la espiga á inglete $x\,y\,z$ es un prisma triangular de toda la tabla de la pieza J con un tercio de su canto y grueso. Otro ensamble igual es el de la pieza I en prolongación de la J; la J^1 representa la pieza J separada del ensamble.

Este ensamble ó inglete puede hacerse con espera, según se ve en la fig. 22. La delantera de la espera está en el mismo plano de la cabeza de la espiga, en J^1 se ve separada la pieza de la espiga, y en J^2 y J^3 las proyecciones de la junta ú ocupación vistas de frente y de cabeza. Otra espiga debe entrar en la escopleadura que se ve opuesta á la primera en F. En los entramados verticales se usa mucho este género de ensamble.

Ensamble de piezas cilíndricas. Pueden hacerse á escopleadura ó caja y espiga como los de las piezas de sección rectangular, siendo preciso señalar ó explicar algún detalle. En la fig. 23 se ven las tres proyecciones de un ensamble en ángulo recto de piezas cilíndricas de igual diámetro, pudiéndose ver las mismas piezas separadas en la fig. 24. La figura 25 da á conocer un ensamble oblicuo del mismo género, y la fig. 25, todas las proyecciones de ambas piezas A y B separadas con todos los detalles de los cortes. Como en los ensambles de sección rectangular se ve en los cilíndricos que los ejes $m\,n$, $p\,q$ de las dos piezas se hallan en un mismo plano, y que las dos piezas están comprendidas entre dos planos paralelos á aquel que les son tangentes, la junta ú ocupación se halla inscrita en la curva de intersección de ambas superficies cilíndricas. Cuando las piezas tienen igual diámetro, las curvas son planas y se proyectan horizontalmente según las líneas rectas $g\,m$, $f\,m$, que son las que deben seguirse para cortar las piezas A y B siempre que no se quiera hacer escopleadura ni espiga. Los detalles de estas últimas así como los de la delantera y paso de la espera son iguales que los ejecutados en las piezas rectangulares, variando sólo en la forma de las dos espigas ó dientes exteriores ocasionados por las partes cilíndricas ó costaneros. Si estas piezas después de ensambladas se escuadrasen, quedaría el ensamble en la misma forma y condiciones ya explicadas para las piezas rectangulares, lo que prueba cuán conveniente es para la sencillez de las operaciones que las piezas estén escuadradas, pues resulta que el conjunto del ensamble en esta forma es muy sencillo y de facilísima ejecución.

Los ensambles entre piezas cilíndricas de distinto diámetro se deducen de los ya explicados, y no es preciso dar más detalles.

En los ensambles que siguen, la simple inspección de las figuras evita nuevas y repetidas descripciones; en cada figura se designa con la misma letra las diferentes proyecciones de una misma pieza, tanto que se considera ya ensamblada ó separada, según se ha hecho hasta el presente.

La fig. 27 da á conocer varios *ensambles dobles á escopleadura y espiga.* La pieza A se ensambla en ángulo recto con la B. La pieza E encuentra á la B bajo cierto ángulo. Como regla general debe manifestarse que en estos ensambles dobles debe ser igual el espesor de las *espigas* y de los *derrames*, por lo que se divide en partes iguales el ancho ó espesor de la *ocupación*, tanto en la cabeza de la pieza que lleva las espigas, como en la que las recibe, ó sean las escopleaduras. Estos ensambles se ejecutan también con espera de la misma manera que los sencillos.

Los ensambles *triples*, *cuádruples*, etc., se ejecutan de igual modo, pero debe tenerse en cuenta que la multiplicidad de espigas y escopleaduras debilita el ensamble.

La fig. 28 da á conocer el ensamble á

bisel cuyo objeto es el de quitar poca madera de la pieza B para que ésta conserve mayor resistencia para sufrir la presión que ejercen las A ó E. La A se ensambla en ángulo recto y la E en oblicuo. Algunas veces se le añade una espiga á la pieza A^2 ó B^2 según se ve figurada por trazos.

Los ensambles á escopleadura y espiga se refuerzan ó modifican de diferentes maneras según las presiones que deban resistir. El de la fig. 29 se llama de *sombrerete*.

El de la fig. 30 se denomina de sombrerete con espera ó descanso, faltando esta parte en la escopleadura B suprimida indebidamente al ejecutar el grabado.

El ensamble de la fig. 31 se titula *á descanso*. Cuando se refuerza la espiga por encima puede ocurrir que la pieza A se raje por la unión del derrame y la cara mayor del paramento de la espiga, ó sea por la raíz de la cara mayor de la espiga, cuyo inconveniente se evita haciendo el ensamble ó espiga reforzada, como se ve en la fig. 32, porque el paramento inferior de la pieza A penetra en la escopleadura y se le da al derrame de este lado de la pieza B el espesor suficiente, que puede ser mayor que el que se observa en la figura.

Fig. 33, ensamble con espiga de sombrerete reforzada.

Fig. 34, ensamble de doble descanso muy fácil de ejecutar por ser todos los cortes perpendiculares.

Fig. 35, ensamble de bisel con descanso para el que se emplea la escuadra á inglete explicada anteriormente.

Fig. 36, ensamble de bisel y descanso dobles en la que los cortes ó planos de los biseles son paralelos entre sí.

Fig 37, ensamble de corte cuadrado en el que la semiespiga tiene la mitad del espesor de la pieza A, y lo mismo la escopleadura ó corte de B.

Tanto el ensamble de la fig. 37 como el de la 38 de quijada, presentan el mismo inconveniente que se señaló al de la figura 31.

En la fig. 39 la pieza A se ensambla á la B^1 por medio de dos espigas bridadas que enrasan con las caras de paramento de esta última, de las que no pueden salir en virtud de su encaje especial. La E se ensambla á la B^1 con una espiga y escopleadura común, y otra biselada igual á la del ensamble anterior que enrasa con la cara de paramento de la pieza B^1.

Ensambles á escopleadura y espigas pasadas. Fig. 40. La pieza A se ensambla á la B por medio de una espiga sencilla más larga que el espesor de esta última, cuya escopleadura la atraviesa por completo; en la parte de la espiga que sobresale por fuera de la escopleadura se abre otra de ésta, en la que se aloja una clavija ó llave x que la sujeta y ajusta. La pieza E se ensambla lo mismo que la anterior, pero con doble espiga, pasadas ajustadas y sujetas ambas con la misma llave ó clavija y, á la que se da suficiente espesor para que el ensamble resulte bien sólido, y con el mismo objeto se deja á la espiga la longitud necesaria para que el esfuerzo que hace en z la llave no arranque en dirección del hilo la madera; también se da una ligera forma de cuña á las llaves x, y para que se puedan apretar á mazo.

En el anterior ensamble quedan las espigas pasadas ocultas, pero pueden ser aparentes ó visibles según se observa en la figura 41, en la que dichas espigas son del género de las de la fig. 39. En dicha figura 41, después de sujetar las espigas pasadas aparentes con las llaves, éstas se aseguran á su vez con las chavetas t, v, que impiden que las espigas se abran, de modo que con ellas pueden ser éstas rectangulares en vez de biseladas.

Ensambles de arista á escopleadura y espiga (fig. 42). La pieza A según su eje encuentra en ángulo recto á la B de tal manera, que ambas presentan las líneas $u\,v$, $z\,t$ en

paramento en vez de caras, y las cuatro aristas de la una encuentran las cuatro de la segunda. Si la pieza A tuviese menor escuadría que la B, sólo se encontrarían las aristas que son cortadas por el plano de los dos ejes de las piezas. Este ensamble exige dos esperas triangulares *y x y* vistas en la B^2, y dos dientes también triangulares *y z y*; el paso de la espera á los dientes se verifica sobre la ocupación de cada pieza en el plano de un rectángulo *y y y y*, en el que se encuentran la espiga de la pieza A y la escopleadura de la pieza B. En A y A^1 á la derecha se ven dos proyecciones de la pieza A separada, y á la izquierda la B^2, también separada, presenta de frente la escopleadura.

El ensamble oblicuo de estas piezas es muy semejante al de las figs. 25 y 26 de las piezas cilíndricas y evita hacer un dibujo especial.

En la carpintería naval en vez del ensamble á caja ó escopleadura y espiga, que podría presentar poca solidez, se emplean ensambles á junta plana *m n* (fig. 43) asegurados con unas piezas L que se sujetan á las P y R, que forman el ensamble por medio de fuertes pernos de hierro. Las piezas L se construyen con madera naturalmente curvada procedente de los codos que las ramas forman entre sí ó con el tronco, y cuando no se tienen de esta clase se construyen con madera recta, pero teniendo cuidado que el hilo ó fibras se hallen en la dirección *x z*. En vez de la pieza L puede ponerse la *l*, y algunas veces se emplean las dos al mismo tiempo para mayor seguridad del ensamble, debiendo los pernos de hierro que se ven en la pieza P asegurar al mismo tiempo ésta y las dos piezas L y *l*.

Los ensambles á caja y espiga, ó escopleadura y espiga no resisten á la tracción y sólo se emplean para transmitir presiones.

ENSAMBLES Á COLA DE MILANO

En esta clase de ensambles en vez de entrar la espiga por su cabeza en la escopleadura, se sienta una de sus caras de paramento en el corte hecho en la pieza que debe recibirla. Se emplea la cola de milano cuando las piezas deben resistir esfuerzos de tracción en la dirección de su longitud, para lo que no sirven los ensambles á escopleadura y espiga anteriormente explicados.

En la fig. 44, lámina 71, la pieza A se halla ensamblada en ángulo recto á cola de milano á la pieza B; el espesor de la cola de milano es la mitad del de la pieza A, y como la escopleadura hecha en la pieza B tiene la misma profundidad ó altura, resultan en un mismo plano las caras de paramento de ambas piezas. Para trazar la cola de milano se toma *y z* igual á la quinta parte de la anchura A y se traza *x z* que dará el punto *x*, el que unido con *y* representa la dirección de las caras de espesor de la cola; la raíz de la cola resulta igual á los tres quintos de la anchura de A, y si ésta es estrecha ó tiene que resistir á grandes esfuerzos se toma *y z* igual al décimo de la longitud de la cola para que las caras de espesor tengan poca inclinación, y que el esfuerzo al cual tengan que resistir tenga menos potencia para hacerlas saltar ó quebrarse en la dirección *x z* de las fibras de la madera; de este modo resulta la raíz de las ocho décimas partes de la anchura de A. Si la pieza E se presenta poco oblicua en relación á B, se hace el ensamble como queda expresado; pero si el ángulo es muy agudo y tiene que resistir grandes tracciones como en la fig. 45, se corta sólo la cara de espesor de la pieza E del lado del ángulo agudo.

La cola de milano puede quedar oculta aun cuando quede aparente la junta rectangular de las piezas como se ve en la fig 46, en la que la cola sólo ocupa la parte inferior

de la pieza A y en la mitad de su espesor que entra toda en la escopleadura de la B; tanto la cola como la escopleadura se trazan de la misma manera arriba dicha; las caras de paramento de ambas piezas quedan en distintos planos. En las proyecciones separadas se observa por debajo la forma del arte de la pieza A y su ajuste en la B.

Cuando se teme que pueda romperse la raíz de la cola de E (fig. 46, lám. 72), se la fortalece con un *dado* según se ve en dicha figura.

Ensamble á cola de milano con llave (figura 45). La cola de milano á cuya espiga A se le da el espesor necesario, atraviesa la escopleadura de la pieza B. Se corta sólo una cara de espesor y la otra se deja recta; á la escopleadura por la raíz se le da una anchura igual á la cabeza *p q* de la espiga A, á fin de que ésta pueda penetrar, y cuando se halla introducida se llena el hueco que queda con una llave *x*, que se introduce á mazo por la cara de ensamble de B para que ajuste mejor y no pueda salir de la escopleadura.

La pieza E se ajusta igualmente en la escopleadura abierta en B oblicuamente. En A^1 B^1 E^1 se proyectan las piezas A B E verticalmente y vistas de lado.

Los ensambles á cola de milano generalmente se combinan con los cruzados de que se tratará más adelante.

PRIMER GRUPO.—SEGUNDO CASO

ENSAMBLES DE ANGULO

El ensamble más sencillo de esta clase es el de la fig. 47, lám. 72, que se denomina á ***media madera*** entre las piezas A y B que forman un ángulo recto ó á escuadra. En las cabezas de cada pieza se rebaja la mitad del grueso y la parte saliente de la una ocupa la entrante de la otra. La pieza E es el mismo género de ensamble pero no forma ángulo, puesto que no se encuentra en el extremo de la pieza B según se ve en la proyección B^1.

Ensamble de ángulo é inglete. Se ve este ensamble de la pieza A con la B en la figura 48. Cuando no se quiere que aparezca rectangular la ocupación, se divide el grueso de una de las piezas A en tres partes iguales, se quita el tercio central y el superior se corta por *x y* que forma un ángulo de 45 grados. La B se labra de modo que ocupe el hueco dejado en A. Después de puestas en junta, la ensambladura tiene la figura A B, A′ B′. Se refuerza el ensamble introduciendo una falsa espiga *s t u v* perpendicularmente al corte á inglete *x y*, después de puestas en junta las piezas, en un rebajo que se abre entonces á propósito.

Ensamble á doble inglete (fig. 49). Si el inglete ha de aparecer por ambos lados, se labran en A diferentes espigas que no lleguen hasta la arista exterior *x*, se abren en los derrames escopleaduras iguales y se cortan á inglete las porciones superior é inferior, y lo mismo se labra la pieza B, se ponen las piezas en junta introduciendo las espigas de B en las escopleaduras de A y viceversa.

Ensambles de ángulo con colas de milano sencillas (fig. 50, lám. 73). Se hace este ensamble para que resista á la tracción, lo que no es posible con los tres anteriores. Se hacen en A colas de milano que se alojen en los rebajos abiertos en B. Las colas de milano están sobre las dos caras exteriores de las piezas correspondientes á las líneas *m x n x* de la proyección horizontal. En la figura se ven las piezas ensambladas y separadas.

Ensamble de ángulo con colas de milano á inglete (fig. 51). Este ensamble se diferencía del de la fig. 49 en que las espigas de

éste se substituyen con colas de milano. El extremo de la pieza A lleva como en la 50 las colas de milano salientes sobre el corte á inglete $x\ y$ según se ven separadas en A^1. Los cortes para recibir las colas de milano se ejecutan en el corte á inglete $x\ y$ del extremo de la pieza B. Estos cortes se ven en la proyección B^2 que presenta la cara interna de B. Las escopleaduras de las colas de milano extremas que encuentran el plano del corte á inglete tienen las aristas de las caras de espesor $s\ u$, $t\ v$ inclinadas, mientras que la parte intermedia z es recta y prismá tica, su derrame se apoya en el fondo de la escopleadura á cola de milano de la pieza A que no está en el plano $x\ y$ del inglete, siendo paralela á las caras de la pieza A.

Se pueden ensamblar las piezas A y B (figura 52), haciendo en A una espiga que entre en la escopleadura abierta en B y cortando el resto á inglete. Se titula almillada y se fortalece con una falsa espiga paralela al plano de los ejes que atraviesa las líneas de junta. Esta falsa espiga es el rectángulo de puntos y se ve en las proyecciones A A^1 separada de la pieza A, así como su escopleadura en las B^1 B^2.

Algunas veces se ejecutan ensambles de ángulo á inglete y á junta plana, que se aseguran con clavos ó introduciendo en el centro del espesor de la madera una pieza triangular $v\ x\ u$ (fig. 48) que hace el oficio de espiga falsa en las dos piezas, ó bien se atraviesa diagonalmente la ocupación con una llave $u\ t\ s\ v$ que se ve de puntos, metida á mazo en una escopleadura perpendicular al plano $x\ y$, ó en un corte hecho según la misma dirección en uno de los lados del ensamble y que lo aprieta para que no pueda separarse.

Ensamble de ángulo á escopleadura y espiga con doble inglete (fig. 53, lám. 73). Este ensamble se usa bastante en carpintería de taller en la construcción de vidrieras; en carpintería de armar también se ejecuta algunas veces. Las piezas A, E, se ensamblan en ángulo recto con la pieza B, tienen sus aristas a y b en línea recta y se corresponden sus espigas por las cabezas. Cuando sólo se ensambla una de las dos piezas con la B, se le puede dar un poco más de longitud á la espiga de modo que pase el ángulo del inglete. Lo proyección B^2 da á conocer la escopleadura y á la derecha se ve la pieza A separada. Las caras de paramento se han substituído con chaflanes en este ensamble, y se acostumbra á poner diversas molduras en vez de estos chaflanes. Las caras posteriores se hacen planas, pero también pueden ejecutarse achaflanadas ó con molduras, si ha de tener las dos caras vistas la obra que se ejecute, en cuyo caso el ensamble es también simétrico por ambas caras, y es fácil de trazar y ejecutar con arreglo á las disposiciones anteriormente explicadas en este ensamble y en los anteriores que con él se relacionan por su forma y modo de ejecución.

PRIMER GRUPO.—TERCER CASO
ENSAMBLES CRUZADOS O DE CRUCE

Ensamble cruzado á tercio de madera (figura 54, lám. 74). Es el más sencillo de su clase. Se divide el espesor de cada pieza A y B en tres partes, y se quita en cada una el tercio de uno de los paramentos sobre una extensión igual á la tabla ó anchura de la otra pieza; la ocupación en cada pieza viene á ser los dos tercios de su espesor. Este ensamble se asegura con un perno por su centro.

Ensamble cruzado á media madera (figura 55). El espesor de cada pieza se divide en dos partes, de modo que las caras de paramentos de ambas piezas se encuentren en un mismo plano una vez ensambladas.

Ensamble cruzado á escopleadura doble (figura 56). La primera escopleadura se hace en cada pieza á tercio de madera por completo como en la figura 54; la segunda se hace cortando el segundo tercio, pero solamente según dos de los cuatro triángulos que las diagonales forman en el fondo de la primera escopleadura, lo que ocasiona dos cortes dobles á inglete que dejan salientes los otros dos triángulos que quedan en la dirección del hilo de la madera. Resultan en las dos piezas las escopleaduras dobles iguales, y al cruzarlas para ensamblarlas los triángulos salientes de cada una encajan en los entrantes de la otra. También se asegura este ensamble con un perno por su centro.

Se pueden ensamblar estas dos piezas haciendo sólo el segundo corte á inglete á media madera ó á tercio, en cuyo caso cada pieza quedará como la B de la fig. 57. Este ensamble debe ser muy exacto para que las piezas no tengan movimiento, por lo que los cortes no se pueden hacer con la sierra.

Puede dársele diferentes formas á la ocupación de las piezas de la fig. 54, como por ejemplo, á ranura y lengüeta, como se ve en la fig. 58, que representa la sección de la pieza B, y la fig. 59 la sección longitudinal de la pieza A en cuya ranura *v* encaja la lengüeta *x* de la 58. Este ensamble debilita más las piezas que el de la 56, á no ser que se dé muy poco espesor á la lengüeta.

Si se quiere que resistan á fuerzas perpendiculares al plano de los ejes, se da al rebajo el perfil de cola de milano por los dos lados como en *v* de la pieza A (fig. 60), ó por uno sólo haciendo un resalto *v* que se encaje en la otra pieza E; para que se puedan poner en junta se hace el rebajo de la una mayor que el de la otra, y se asegura después de ensambladas las piezas con una llave bien apretada *z* para la pieza A, ó *t* para la E. Este ensamble no necesita perno de hierro como las anteriores, pues las llaves aseguran y sujetan las piezas sólidamente.

Cuando las piezas se cruzan en ángulo agudo como en la fig. 61, forman una *cruz de san Andrés* y pueden ser ensambladas á media madera como lo están las piezas A y B en proyección horizontal; las A^1 B^1 son sus proyecciones verticales, así como las A^2 B^2 son las mismas piezas vistas separadas según sus caras normales verticales. Se asegura este ensamble con un perno que se ve de puntos. Este ensamble, como los demás de esta clase, se ejecutan también á tercio de madera cuando los ángulos difieren poco del recto; si es bastante agudo, se hace el ensamble con *espera* según se ve en la figura 62, lámina 76, que es la proyección horizontal; la vertical está representada en la fig. 63 vista de frente por la línea *m n*; la espera evita que salten astillas en las aristas agudas de las escopleaduras.

Para ensamblar piezas *escantilladas*, se buscan las ocupaciones en las caras de espesor, se divide la línea de junta en dos partes tirando después un plano paralelo á los paramentos por el punto de división. Este caso es el resuelto en la fig. 64 con las piezas A y B cuyas proyecciones horizontales se ven en el centro; en lo alto están las verticales A^1 B^1 ensambladas, y en A^2 B^2 separadas; las piezas separadas se ven en A y B con sus aristas numeradas; la B^3 es la sección de B por un plano $x\,y$, $x'\,y'$ perpendicular á sus aristas; no se ha puesto la sección de A por no aumentar las líneas de la figura.

Los ensambles á escopleadura de maderas que se cruzan suelen reforzarse con colas de milano ó ranuras, cuando la pieza que cruza y la que es cruzada pueden presentar bastante solidez después de hecha la respectiva ocupación. En la unión á media madera de las piezas A y B (fig. 65), los pasos de espera *x z*, *x z* forman una cola de milano; la espera puede hacerse en un lado solo de la pieza E y dar el mismo corte á la B, en cuyo caso las dos piezas resultan cortadas á es-

copleadura y media cola la una respecto de la otra. La fig. 66 da á conocer para el mismo caso el ensamble de la pieza O en el corte á ranura de la pieza R; la parte rebajada se divide en cuatro por dos líneas paralelas á los ejes tirados por el centro de su ocupación, y rebajando dos opuestas por el vértice en una y las otras dos en la otra.

Los carpinteros ingleses substituyen las colas de milano con el ensamble especial *y z* que se ve entre las piezas O y B en la figura 67, cuya resistencia estriba en la cohesión de las fibras de la pieza B encerradas en la especie de diente *z y*, que es mucho menor que la que presenta la cola de milano en el caso anterior. Mejor es el ensamble á paramentos cilíndricos *rs*, *rs* que emplean los mismos carpinteros, según se ve entre las piezas I y B; pero las dificultades de ejecución son grandes si han de ajustar exacta y sólidamente.

CAPITULO XI

ENSAMBLES

SEGUNDO GRUPO.—EMPALMES

Los empalmes tienen por objeto unir piezas de madera en la dirección en su longitud, de modo que dos ó más formen una sola, para lo cual es preciso que las piezas empalmadas tengan la misma forma ó sección, y que el empalme se efectúe de modo que unidas aparezcan como una pieza única y tengan la misma resistencia que debiera tener esta última, si hubiese sido posible ó económico poderlas obtener de las dimensiones necesarias para evitar las dificultades é inconvenientes del empalme. La forma y medios de unión de dos piezas que se quieren empalmar dependen de la clase de fuerzas á que deben someterse.

Los empalmes llamados horizontales pueden resistir á fuerzas que obren en distintas direcciones; los verticales deben sufrir grandes compresiones, y en ambos casos tienen por base la mayor parte de los ensambles elementales descritos en el anterior capítulo.

EMPALMES HORIZONTALES. La fig. 68 representa un empalme á *media madera* entre dos piezas A y B. Las piezas E D, lo están á *escopleadura* y *espiga,* llamada de *tenazas.* Cuando se desee dar más resistencia al empalme en sentido de los ejes, se adopta el de la fig. 69 á media madera de cola de milano, ó bien de *cola de milano á inglete* de la figura 70.

La fig. 71 es un empalme de *espiga á media madera con derrame.* En la fig. 68 la junta es horizontal y paralela en A B á las caras de paramento, practicándose por la impulsión longitudinal de ambas piezas; no así en E, D, cuya unión se practica lateralmente.

El empalme á *media madera con derrame inclinado* lo representa la fig. 72.

La fig. 73 representa un empalme á *media madera de espera cuadrada y espigas*, en el cual cada espiga ocupa la mitad del espesor de la espera y el tercio de su longitud.

La fig. 74 es un empalme á *media madera con esperas quebradas* entre las piezas, E, D, así como la fig. 75, sólo que en

ésta las piezas A B están atravesadas por un lado.

La fig. 76 es un empalme á *media madera con ranuras y nervios interiores*, en el cual la longitud de la junta está dividida en dos partes iguales, llevando el nervio en la segunda mitad y la ranura en la primera ó cabeza. Con esta disposición se evitan las desviaciones laterales.

El ensamble de esta fig. 76 se puede combinar con las de las figs. 73 y 74 con el solo aditamento de estos nervios.

La fig. 77 es un empalme de *espigas invertidas* y esperas quebradas. Las dos piezas E y D están cortadas del mismo modo, encontrándose la inclinación de cada espiga en el mismo plano que la de la escopleadura opuesta, de modo que sus disposiciones son recíprocas.

La fig. 78 es un empalme *de colisa á cola de milano con esperas inclinadas*. La cola de milano está formada en la pieza A y la ranura que la recibe en la pieza B, siendo susceptible de disponer este empalme como el de la fig. 76.

La fig. 79 es un empalme *de diente;* la fig. 80, *empalme de diente con nervio*, practicándose los nervios en los *huecos* y las ranuras en los *dientes;* la fig. 81, empalme de *diente de cola de milano* en las caras de paramento, cuyo ensamble sólo puede practicarse lateralmente. Las juntas de este empalme deben estar ejecutadas con mucha precisión por tenerse que colocar las dos piezas á golpes de maza.

La figura 82 es el mismo empalme *con esperas inclinadas* para que la junta se consolide por sí misma.

La fig. 83 representa el llamado *rayo de Júpiter sencillo;* la fig. 84 el *rayo de Júpiter sencillo con llave* para consolidar las esperas; la fig. 85 es el mismo ensamble, sólo que las esperas son quebradas, con lo cual no puede haber desviación posible de las piezas; la fig. 86, es el empalme de rayo de Júpiter de *juntas rectas con esperas quebradas y llave;* la fig. 87 es otro de rayo de Júpiter *con espigas de espera, nervios y llave;* la fig. 88, es también un ensamble á rayo de Júpiter *de tres llaves*. Cuanto mayor sea el número de llaves de esta clase de ensambles, pero siempre bajo ciertos límites, mayor será la solidez de tracción que se obtenga, puesto que su solidez depende de la resistencia que la cohesión de las fibras opone al esfuerzo que tiende á separar las piezas.

La fig. 89 representa un ensamble á rayo de Júpiter de tres escopleaduras y una sola llave. Su ejecución es muy difícil para poder obtener presiones iguales.

La fig. 90 es un empalme á rayo de Júpiter *doble*, *de escopleaduras bridadas*. La llave en este caso debe ser cilíndrica, que así mantendrá bien la junta de las piezas por un igual. También se puede hacer este empalme *de tenazas* como el de la fig. 77.

La fig. 91 representa otro rayo de Júpiter *con juntas rectas, inclinadas y llave de cola de milano;* pero tiene el inconveniente de que el resbalamiento de las juntas inclinadas *r s*, *t u* tiende á abrir á las rectas *y x*, *z v*, á pesar de haber dado la forma de cola de milano á la llave, puesto que entonces ésta se rompe de *x* á *z*.

Fig. 92. Rayo de Júpiter *sin llave y con pernos*. Este es uno de los ensambles mejores que puede hacerse para el empalme de dos piezas, siendo mejor aún si se da una ligera oblicuicidad á las esperas y delanteras para facilitar la unión.

Fig. 93. Rayo de Júpiter *á junta recta con ó sin llave*, cuyos cortes de las esperas están invertidos y dan un ensamble muy sólido.

Fig. 94. *Rayo de junta plana en forma de tenazas*. Para practicar la junta se coloca primeramente la pieza E plana con la escopleadura hacia arriba (fig. 95). Se coloca luego la llave cilíndrica en su sitio respectivo del costado del corte, poniendo la pie-

za D sobre la E, de modo que se crucen. Entonces la llave penetra en el costado del otro corte de la pieza D; se hace girar luego ésta hasta que se halle en línea recta con la E, en cuyo caso la espera de cada una se coloca en el derrame de la otra.

SEGUNDO GRUPO.—SEGUNDO CASO

EMPALMES VERTICALES

Fig. 96. Empalme de la pieza A con la pieza B, el cual se verifica por medio de una espiga susceptible de introducirse sin necesidad de subir la pieza A. Este empalme no es muy sólido, empleándose tan sólo cuando no hay espacio suficiente para mover las piezas de arriba abajo.

Fig. 97. Empalme á *espiga de ángulo*. Fig. 98. Empalme á *espigas y escopleaduras en cruz*. Fig. 99. Empalme de *escopleaduras invertidas*. Cada pieza lleva dos espigas cruzadas con dos escopleaduras; las dos de una pieza entran en las escopleaduras de la otra. En D, la pieza inferior está vista de punta en proyección horizontal; en el centro se halla un cuadrado que es la espera de las dos piezas que en las dos proyecciones verticales coincide con las líneas v x.

Fig. 100. Las piezas A B C están empalmadas á *espigas y escopleaduras cuadradas*. El empalme de la pieza A con la pieza B se resuelve por medio de una espiga practicada en la cabeza de A y una escopleadura ó caja en la de B, cortadas á hilo, y cuyas caras y costados son paralelos á los paramentos de las piezas. El empalme de las piezas B y C se practica por medio de una clave á hilo que penetra por mitad en dos escopleaduras practicadas en las extremidades de dichas piezas.

Fig. 101. Empalme de *espiga doble*. Cada pieza lleva dos espigas contiguas en sentido diagonal y dos escopleaduras intermedias á éstas, de modo que las espigas de una pieza penetran en las dos escopleaduras de la otra. Las dos proyecciones horizontales presentán el caso de secciones rectangulares y el de secciones triangulares.

Fig. 102. Empalmes de *doble horquilla cuadrada*, entre las piezas A B C. En el primer caso, la pieza B lleva cuatro espigas que entran en cuatro escopleaduras de la pieza A. En el segundo caso, cada pieza lleva dos espigas y dos escopleaduras, colocadas en los planos de paramento.

Fig. 103. Empalmes de *doble horquilla en las aristas*. La pieza D lleva cuatro espigas triangulares colocadas en sus cuatro aristas, que penetran en cuatro escopleaduras triangulares de la pieza C. Para el ensamble entre D y G, cada pieza lleva dos espigas triangulares colocadas en las aristas opuestas y dos escopleaduras igualmente colocadas en las otras dos restantes. Como se ve, en la proyección horizontal el asiento de las piezas está representado por un octógono.

Fig. 104. Empalme *á media madera en las cuatro caras*.

Fig. 105. Empalme de *horquilla*. Las dos piezas E y D están cortadas exactamente del mismo modo. Las esperas salientes de una pieza entran en los derrames de la otra, teniendo este ensamble la ventaja sobre el anterior de que la solución de continuidad de las fibras no se verifica bruscamente.

Fig. 106. *Rayo de Júpiter á cuatro caras*.

Fig. 107. Empalme á *media madera con espigas en dos lados*.

Fig. 108. Empalme á *espigas triangulares en los paramentos*. Este empalme tiene la doble desventaja de ser de difícil ejecución y de no prestar gran utilidad.

Fig. 109. Empalme *de horquilla de corte inclinado en las cuatro caras*. Los dientes

son triangulares, llevando dos cada pieza y dos escopleaduras. Ambas piezas se juntan por medio de una espera cuadrada *v x y z* cuyos ángulos se encuentran en el centro de cada cara.

Fig. 110. Empalme *de doble horquilla*. La pieza E lleva cuatro dientes triangulares en sus cuatro aristas que se ensamblan con cuatro escopleaduras practicadas en las cuatro aristas de la pieza B. Las esperas de ambas piezas son cuadradas.

Fig. 111. Empalme *de corte inclinado en las cuatro caras*. Las dos piezas están cortadas exactamente del mismo modo, y llevan, cada una de ellas, dos dientes en forma de pirámide cuadrangular. Las juntas son perpendiculares á las caras de las piezas, lo que permite cortarlas con precisión.

SEGUNDO GRUPO.—TERCER CASO

EMPALMES DE TABLESTACAS

Fig. 112. Empalme de *corte inclinado con llave*. Las esperas pueden juntarse por medio de tornillos *x*; con respecto á la llave, ocupa aproximadamente una tercera parte del grueso de las piezas que atraviesa.

Fig. 113. Empalme de *corte inclinado con espiga suelta tornillada*. Las esperas son paralelas á los lados de la espiga suelta *g*.

Fig. 114. Empalme *de corte inclinado con espigas de espera*.

Fig. 115. Empalme *á media madera, de cortes oblicuos cruzados*. Este empalme se puede ejecutar en tres partes, dos de las cuales forman los costados. La tercera parte, perteneciente á la otra pieza, llena el intervalo que queda entre dichos dos costados, que es los $^3/_7$ del espesor de la madera, cortándosela en sentido inverso.

TERCER GRUPO.—PRIMER CASO

ENSAMBLE DE JUMELAS

La fig. 116 representa el ensamble de dos piezas A y B en sentido de su longitud, el cual puede practicarse por simple contacto ó á junta plana, ó bien por otros medios representados por las figs. 117, 118 y 119.

A la izquierda de la fig. 116 están representados los ensambles que más comúnmente se emplean. Para que A^1 B^1 ofrezcan buena solidez, es indispensable que el hilo de la llave sea perpendicular al de las piezas, que de este modo no es fácil que se yenda, debiendo por lo tanto estar formada por varias piezas reunidas.

La fig. 117 representa en proyección horizontal y vertical tres sistemas de ensamble: por simples clavijas *a* que penetran á medio ancho; por llave *b* que penetra por mitad en cada pieza; por llave *c* que atraviesa de parte á parte á ambas piezas y consolida la junta por medio de clavijas exteriores.

La fig. 118 representa igualmente otros sistemas de unión de piezas longitudinales, que por la claridad con que está expresada la figura no necesita explicación.

La fig. 119 representa dos piezas ensambladas á junta plana, reforzadas de varios modos por medio de hierros.

En la fig. 120 están representados otros tres sistemas de ensamble: en *a* lo están á junta plana; en *c* á junta con llave, y en *b* á junta inclinada con espera.

Fig. 121, junta de tablas á espiga á media madera.

Fig. 122, ensamble de ranuras y espigas simples con llaves y clavijas *d*.

Fig. 123, ensamble de dobles ranuras y llaves.

Fig. 124, ensambles llamados de *grano de cebada.*

Fig. 125, ensamble de junta cubierta con ranuras.

Fig. 126, ensamble ó ranuras y espigas.

Por medio del ensamble de la fig. 116 sólo se mantienen paralelas las piezas ensambladas, sin que ofrezcan resistencia al resbalamiento resultante de un esfuerzo longitudinal, por cuyo motivo en la carpintería de armar se añaden unos dientes ó muescas que dan mayor solidez á las piezas, cuyos dientes pueden ser interiores ó aparentes, empleándose generalmente los primeros en la construcción de los mástiles.

La fig. 127 representa la sección de un mástil compuesto de cuatro piezas ensambladas á ranuras y espigas, al igual de la fig. 128, sólo que en ésta las espigas llevan unos nervios de refuerzo que se ajustan á los huecos en sentido inverso de las piezas U, V.

Los mástiles están formados á veces por un mayor número de piezas, como se ve en las figs. 129 y 130.

Siempre que un mástil ó cualquier ensamble longitudinal está formado por varias piezas ensambladas alrededor de otra principal *z* (figs. 129, 130 y 131), á ésta se le da el nombre de *mecha.*

Estos mismos ensambles se aplican igualmente á las piezas de sección cuadrada, como lo expresan las figs. 129, 130, 131 y 132.

Los ensambles de la figs. 128 á 140 son, á longitud y grueso iguales, más sólidos que los oblicuos, empleándoseles preferentemente cuando se deban impedir resbalamientos en sentido longitudinal. Los dientes de cola de milano son preferibles cuando deba evitarse el resbalamiento en una sola dirección, y en particular para evitar la curvatura de las piezas, puesto que entonces los dientes hacen el efecto de cuñas.

La solidez de los dientes depende de su longitud, por depender de la cohesión de las fibras de la madera en la parte en que se juntan con los costados de las ranuras ó de las llaves.

La fuerza de los ensambles de este sistema, si están perfectamente bien ejecutados, se debe á que entonces la resistencia se encuentra igualmente repartida en todos los dientes, y por lo mismo deben éstos estar colocados igualmente en sus juntas parciales, que de otro modo, esto es, si hubiese algún diente mejor ajustado que los otros, éste sería el único que soportaría todo el esfuerzo del ensamble.

En esta disposición, pueden distribuirse las muescas ó ranuras de tal modo, que no correspondan unas con otras, para que formen refuerzos distribuídos á lo largo de las espigas; sin embargo, para los ensambles oblicuos, las ranuras deben corresponderse en forma de cola de milano simétrica, para que los esfuerzos laterales se equilibren, y el ensamble sea mejor.

TERCER GRUPO—SEGUNDO CASO
ENSAMBLE Á CEPA Ó DE BRIDA

La fig. 141 representa dos piezas M M que se cruzan y retienen á otras piezas A, B, C, D, E, F, G, H, I, generalmente cortadas como la pieza B, para que no se produzcan resbalamientos, ó á inglete como a C.

Los cortes se trazan siempre de modo que la junta se haga en el mismo sentido para todas las piezas bridadas, pudiendo ser rectas como para A, B, C, G, inclinadas como para H, I, triangulares como para las piezas E, F, bridadas por sus aristas. También

pueden ser en bisel para las piezas escantilladas como la D, debiéndose hacer notar que para ésta su colocación no puede efectuarse junto con las demás piezas expresadas en la figura, sino con las que tengan igual ángulo que ella.

En la fig. 142 la pieza A^2 se supone inclinada de modo que sus aristas no estén paralelas á los planos de las caras de paramento de las bridas M^2 M^2, vistas de cabeza.

El ensamble se llama á *media madera* siempre que las bridas y las piezas bridadas estén cortadas al cuarto del espesor de estas últimas, como expresa el ensamble D de la figura 141.

Las bridas están generalmente retenidas por pernos de hierro con clavijas, y mejor aun por pernos de rosca y tuerca, adoptándose en muchos casos el sistema A, en el cual el perno atraviesa la brida y las piezas bridadas; mas si se abriga el temor de debilitar á la brida, entonces se le coloca un perno á cada lado, como en C.

Con el fin de que la junta sea perfecta, la profundidad de las escopleaduras es algo menor que la mitad del grueso de la brida, con lo cual, al practicar la junta, queda siempre un pequeño espacio *x*.

Muchas veces la construcción exige que las bridas M^2 M^2 (fig. 143) estén escantilladas de modo que sus caras de paramento sean paralelas á las de las piezas bridadas, proyectadas en A^2, mientras que sus caras de espesor ó de junta deban formar un ángulo dado con las aristas de estas mismas piezas; en cuyo caso, para que cumplan con el objeto propuesto, los pernos tienen una dirección perpendicular á las caras de paramento de las bridas, representada por la línea *x z*, que pasa por el centro *y* del ancho de las juntas.

Las bridas se emplean también para ligar piezas de madera algo distantes unas de otras, en cuyo caso, para dar mayor resistencia á los ensambles de las extremidades, se da á los cortes la forma de cola de milano, cuyo detalle se representa en la figura 144.

Ensambles de piezas curvilíneas. Las piezas de maderas curvas pueden ensamblarse entre sí y también con piezas rectas, por medio de todos los ensambles ya descritos. En el trazado de sus juntas sus varias partes constitutivas conservan sus proporciones y posiciones ya prescritas para las piezas rectas, de modo que es inútil dar ningún ejemplo de ello.

La fig. 145 representa varios ensambles entre piezas curvas. Las piezas E, B, lo están á escopleadura y espiga con las otras piezas C, D. Para cada ensamble la espera *a b* es común á la espera y á la espiga, ejecutándosele generalmente perpendicular á la superficie que recibe el ensamble. La parte inclinada *c d* de la espiga debe estar cortada siempre á hilo, sin atender á la curvatura de la pieza ensamblada en *c*.

Si el ensamble de una pieza recta ó curva tiene lugar en una de las superficies planas de una pieza curva C, la ocupación de la pieza ensamblada estará representada por el cuadrilátero *e f g h*; la escopleadura se practicará en la pieza C, de modo que su longitud sea perpendicular al radio *w æ*, que divide la ocupación *e f g h* en dos partes iguales. A los costados de la escopleadura no se les debe dar curvatura alguna, así como tampoco á los de la espiga que debe entrar en ella, por la dificultad que hay en tallar bien una junta curva.

Con relación á los empalmes, las juntas deben trazarse simétricamente; y con relación á las curvaturas de las piezas y las partes de las juntas paralelas á las caras de las piezas rectas, pueden seguir sin dificultad las curvaturas de las piezas curvas. En esta misma figura 165 se representa un rayo de Júpiter para empalmar las piezas A B, en el cual las juntas *p q i j*, son curvas y paralelas á las caras curvas de las dos piezas, resultando

que al comprimir la llave, sus delanteras se juntan una á otra por medio de un movimiento circular que les conserva bien la equidistancia al centro de sus caras cilíndricas.

Muchas veces se prefiere el rayo de Júpiter que empalma las piezas E, F, cuyas juntas *m o*, *u e* son rectas y paralelas entre sí y perpendiculares al radio *x y* del centro del ensamble, á causa de la exactitud de junta que ofrece su fácil ejecución. Igualmente se puede hacer este empalme inclinado entre las piezas C, D, cuya ventaja consiste en cortar mejor las fibras de la madera que en los dos casos anteriores; sin embargo, tiene el inconveniente de desnivelar las superficies curvas en *k* y en *l*, peligrando también que se quiebre la madera en el ángulo *t*, más agudo que en los otros dos ejemplos.

Los carpinteros navales empalman como expresa en *m n* la fig. 146, las curvas ó costados de las embarcaciones. La longitud de las curvas casi nunca la cruzan, sino que las colocan de cabeza á junta plana, ó las juntan por medio de *codos* con clavijas ó pernos.

Ensambles defectuosos. Para que los ensambles sean resistentes, es preciso que las juntas estén á hilo y sin interrupción alguna para que no se desprenda ó yenda la madera. Las colas de milano, los ensambles de dientes y los rayos de Júpiter, sin embargo, quedan exceptuados de esta regla, siempre y cuando la longitud é inclinación de sus cortes sean tales que no pueda temerse su rotura.

Del mismo modo todos los cortes destinados para recibir los ensambles no deben tener ninguna parte de la misma especie más débil que las otras para que todas puedan resistir con igualdad.

La fig. 147 representa en A B la proyección del ensamble de dos piezas de madera á escopleadura y espiga. En A′ B′, A″ B″, A‴ B‴ se ven tres proyecciones perpendiculares al de la proyección anterior, en planos de tres ensambles, de los cuales en el A′ B puede ocurrir la rotura de la espiga por *x y*, y en A″ B″ es la escopleadura la que ofrece poca resistencia por peligrar el costado *a b*. El ensamble A‴ B‴ es el de todos ellos el que se encuentra dentro de las verdaderas condiciones de solidez, tanto por hallarse completamente á hilo la escopleadura y la espiga, como por tener aquélla los costados iguales.

Además de los ensambles ya descritos, hay otra clase que, si bien no puede prestar ninguna utilidad real, no deja de tener su importancia, bajo el punto de vista del ingenio con que están concebidos. La fig. 148 representa dos ejemplos de estos ensambles, que bien podrían llamarse *rompe-cabezas* por la dificultad que tienen, para el poco iniciado en estos estudios, en separar las piezas que les constituyen.

CAPITULO XII

ARMAZONES

Sea cual fuere el número de piezas de madera que se ensamblen, salvo raras excepciones, siempre que sus ejes se encuentren en un mismo plano, sus caras de paramento lo estarán en planos paralelos al de sus ejes, y por consiguiente, sus caras de junta serán normales á estos mismos planos.

A pesar de todos cuantos cuidados se tomen para que los ensambles de un armazón estén bien construídos, existen siempre fuerzas que tienden á desviarle y hacerle perder su forma plana, por cuyo motivo se establecen otros armazones que cruzándose con aquél, impiden que pueda desviarse, conservándole así su estabilidad.

La construcción de los armazones, sea cual fuere su forma y dimensiones, presenta siempre algunas dificultades, y es preciso ir con mucho tiento para el trazado de sus ensambles, mayormente si se considera la dificultad que ofrece el cambio de posición que requieren piezas de grandes dimensiones, como son generalmente las que los constituyen.

Para tener una idea perfecta del cómo debe procederse para esto, bastará un simple ejemplo.

La fig. 149 es la proyección horizontal ó *planta* de un armazón; la fig. 150 es la proyección vertical ó *alzada* principal, y la figura 151 es la cara lateral. En la fig. 149, el plano de los ejes es horizontal y está compuesto de dos piezas horizontales A A′ paralelas, y una tercera B, horizontal igualmente, que ensambla á media madera con las dos primeras cruzándolas á ángulo recto. Estas tres piezas forman una especie de *tirante* ó *patín* que sostiene todo el armazón, completando la estabilidad del mismo por medio de los *virotillos* M y los tornapuntas I.

El plano de la fig. 150 es vertical, y por consiguiente, perpendicular al primero, siendo paralelo al de la proyección lateral; comprende la pieza horizontal B, dos montantes C C′, ensamblados á escopleadura y espiga en la pieza B; dos *botarales* ó *puntales* D D′, ensamblados á escopleadura y espiga en los montantes C C′ de la pieza B;

na cruz de san Andrés E E′ ensambladas ntre sí á media madera y á escopleadura y spiga con los montantes C C′, y un travežño superior G con dos escopleaduras que eciben las espigas de estos montantes. El bjeto de los puntales y de la cruz de san ndrés es mantener los montantes C C′ paalelos y perpendiculares á la pieza B.

La fig. 151 no ofrece tampoco ninguna ificultad, y en ella se ven los puntales F F′, ue mantienen la posición vertical de las pieas $c\ c'$.

Para la ejecución de este maderamen, se razan en el suelo, convenientemente prepaado y bien plano, las líneas que sean más ecesarias, tales como las proyecciones de os ejes de las piezas que deben componerle. Para que estos ejes correspondan verticalnente con las líneas que representan sus proyecciones, es preciso que se tracen éstas en los paramentos de las piezas, por medio de líneas que se trazan con el cordel, á lo cual se da el nombre de *alinear*, de cuya operación se tratará más adelante. Por de pronto se supondrá que todas las piezas que se empleen para la construcción de que se trata están alineadas en todas sus caras.

Cada cara del armazón necesitaría para ejecutarle un patrón ó modelo particular, pero como en general no se dispone de espacio necesario en los talleres, y como tampoco es posible el alineado de todas las caras al mismo tiempo, particularmente cuando existen piezas comunes á todas ellas, lo que comúnmente se hace es reunir en uno solo todos los modelos de las distintas caras de un mismo armazón, lo cual está representado en la fig. 152, que comprende todas las líneas que se trazarían en un modelo de tamaño natural, necesarias á la alineación de las cuatro caras que componen el armazón representado en las figs. 149, 150 y 151. Efectivamente, las líneas $a\ a'$, $a\ a'$, $b\ b'$ de la figura 152 que se cruzan á ángulo recto en el punto k, reciben el montaje de las piezas A, A′, B, que forman el primer plano. Las líneas $m\ m$, $m'\ m'$, $n\ n$, $n'\ n'$, indican en el modelo las longitudes á que deben cortarse dichas piezas.

Las líneas $b'\ b'$, $g\ g$ recibirán, para el montaje del segundo modelo, la pieza B del primero y la pieza G. Las líneas $a\ a'$, $a\ a'$ recibirán las piezas C C′, y las líneas $d\ e$, $d\ e$, recibirán las piezas D, D′, E, E′. Las líneas $n\ n'$, $n\ n'$, determinan la longitud de la pieza B, y las líneas $z\ y$, $z\ y$, que deben dirigirse al punto c' para que su inclinación sea la misma, marcan los cortes de las puntas ó cabezas de G.

Por último, para el montaje de la tercera y cuarta cara, las líneas $c\ c'\ b\ b'$, $f\ f'$, $f\ f'$, deben recibir las piezas A ó A′, que ya han servido en la primera cara, las piezas C ó C′, de la segunda, y las piezas F ó F′. Las líneas $w\ w'$, $w\ w'$, señalan en el modelo la longitud de las piezas A ó A′, igual á la que tenían antes.

Colocación de las maderas. Para que la colocación pueda hacerse en buenas condiciones, es preciso que el afirmado sea perfectamente plano y el escuadreado perfecto; que las posiciones de las distintas piezas estén bien á nivel y con la inclinación que les corresponda, condiciones indispensables para la buena ejecución de los ensambles.

Las figs. 153 y 154 representan la colocación de las piezas que constituyen la segunda cara (fig. 150). Las figs. 155 y 156 representan la colocación de las piezas de la tercera ó cuarta cara, correspondiente á la fig. 151, basado todo ello en el modelo general de la fig. 152.

Trazo de relación. Siempre que una pieza de madera como A, A′, B, C o C′ del armazón es común á varias caras, debe señalarse tanto en el modelo como en la misma pieza el número de marcas necesarias, con el fin de que al alinearla por una cara, su posición concuerde con la correspondiente á la que debe tener en las demás caras.

A estas marcas ó señales se les da el nombre de *trazos de relación*, y son los trazados de un plano perpendicular á su eje, que pasa por un punto convenientemente elegido en la cara de la pieza que se trabaja, y en los modelos, son los trazados de este mismo plano situado verticalmente según las disposiciones que pueda tener la pieza en su colocación sobre las líneas de las distintas caras.

A estas marcas se las distingue tanto sobre las piezas como en los modelos por medio de X (fig. 157), cuya línea de relación es perpendicular siempre á la línea media *m n*; *a' b'* (fig. 158) es el signo de relación en el modelo, y es perpendicular á la línea de colocación *m' n'* del eje de la pieza para la cual sirve de guía.

Para los trazos de relación deben utilizarse tanto como sea posible las líneas ya trazadas; así, por ejemplo, en la fig. 152 la línea *c c'* del modelo sirve de trazo de relación para la posición de la pieza B al alinearla (fig. 159), y la línea *m' m'* (figs. 152 y 154) sirve de trazo de relación para las posiciones de los montantes C C'.

La línea 5-6 del modelo (fig. 152) sirve de trazo de relación para la colocación de los mismos montantes C C' (figs. 154 y 156).

Esta misma línea 5-6 sirve también para los trazos de relación de las piezas A A' al colocarlas (fig. 159), así como la línea 7-8 es su trazo de relación para su colocación (figura 156).

Estos trazos de relación deben practicarse de modo que queden siempre á la vista para poderles comprobar cuando convenga, tal como se ha ejecutado en las presentes figuras, salvo en casos en los cuales no sea posible esto, como en la pieza C (fig. 156), en donde dicho trazo se encuentra oculto por la colocación de las piezas F, F', pero que, no obstante, se le puede reemplazar por otro sobre la línea *m m'*, que es lo que se hace cuando las piezas son muy largas.

MARCAS DE LAS MADERAS. Alineadas ya las maderas y convenientemente sujetas para que no se muevan, se señalan las juntas, marcándolas después y procediendo al trazado de los ensambles.

Generalmente, así que los ensambles de una cara están labrados, se procede á su montaje para comprobarle, antes de pasar al labrado de la otra cara, en particular cuando hay piezas comunes á dos ó más caras.

La marca de las maderas consiste en una serie de señales practicadas con el filo del escoplo; pero hay también la *marca única*, con la cual se distinguen las piezas que forman parte de un mismo plano, la cual se repite en la cara de paramento de cada una, colocándola en ambos extremos.

Las marcas de relación de los ensambles se ejecutan muy cerca de las juntas, siendo una misma para las dos partes que deben juntarse.

Además de las marcas ó señales de junta debe indicarse cuál sea la parte superior, la inferior, la derecha y la izquierda, para poder conocer bien la posición que deben ocupar las piezas.

EJES Y TRAZOS CUADRADOS. Para mayor claridad de lo que se ha dicho sobre la colocación en modelo de conjunto de las piezas, falta tratar aún de algunos detalles referentes al modo de *alinear* y *contraalinear* las piezas y *nivelarlas* é *inclinarlas* siguiendo los trazos de relación.

En las figuras 160, 161 y 162, A representa tres posiciones de una pieza de madera escuadrada en el bosque y que se trata de alinear, hallándose sus puntas cortadas á ángulo recto, lo cual es más cómodo para mayor sencillez y exactitud de las operaciones.

Elegida ya la cara de paramento, se coloca la pieza de modo que esta cara se encuentre encima y en posición casi horizontal, trazándose en su punto medio (fig. 168) una línea y otra en su eje. La cara horizontal sobre la cual se ha trazado este aplomo,

stá proyectada verticalmente en la línea *a a* figura 160), y es la que forma el eje en la igura 161. En el punto medio *c* se construye el llamado *trazo cuadrado*, formado por es puntos *x x* tomados en la línea *a a* á igual listancia del punto *c*, que sirven de centro para formar los pequeños arcos *b*, *d*, por los cuales pasará el trazo cuadrado. Después de esto, se da un cuarto de vuelta á la pieza á fin de que una de las caras contiguas sea, á su vez, horizontal, para poder trazar en ella la línea del centro y trazar el *trazo cuadrado* sobre su eje, cuyo eje está representado en *e e* y el *trazo cuadrado* en K *k*, cuyo límite lo forman las líneas *z u*, *y v*.

Las aplomadas de las caras contiguas se corresponden, y por lo tanto debe cuidarse de que se correspondan también los trazos cuadrados, para que se pueda determinar exactamente la posición de un ángulo recto, por la necesidad que hay de que los aplomos de las caras contiguas sean perpendiculares una á otra, como lo serían sus caras si se aplanasen en toda su longitud.

Las primeras líneas de que se acaba de tratar, trazadas en dos caras contiguas, bastan para establecer una pieza en posición horizontal, indispensable para que se pueda alinear bien. Para nivelarla se coloca sobre el trazo cuadrado *b d* un nivel C (fig. 163), valiéndose de cuñas *m*. En esta posición para contraalinear la pieza, es preciso trazar en sus otras dos caras las líneas que deban ser las proyecciones de su eje, de modo que para contraalinear la cara paralela á la de la proyección vertical (fig. 167), se coloca el nivel C en un extremo de la pieza (fig. 163), se toma con el compás la distancia vertical *s e*, de la base del nivel hasta la línea *e e* proyectada en *e*, llevándose esta distancia á la cara opuesta de *v* á *o*, señalándose este punto. Esta operación se repite en el otro extremo de la pieza, obteniéndose la línea *o o*, que se hallará necesariamente en el mismo plano horizontal que la línea *e e*.

Para contraalinear la cara inferior, se tira una aplomada F G (fig. 162) en el punto *o* y se señala el punto *i*, cuya operación se repite en el otro extremo, y cuya línea *i i* obtenida se hallará en el mismo plano vertical que la línea *a a*.

Hecho esto, se da un cuarto de vuelta á la pieza para poder trazar la línea *o o*; se hace lo mismo con relación á la línea *i i*, acabando por el trazado de los extremos *a*, *i*, *e*, *o*, cuyas líneas se cortan en el punto *g*, que es el extremo del eje de la pieza.

Todas estas operaciones se refieren á las piezas escantilladas en el bosque, puesto que si se trata de piezas escuadradas con precisión, para alinearlas basta solamente tirar las líneas que pasan por los puntos medios del ancho de cada cara. Con todo, debe comprobarse siempre el escuadrado, lo cual se consigue valiéndose de las líneas *e o*, *a i* (fig. 164) ó por medio del nivel.

Puede darse el caso también de que deba alinearse y contraalinearse una pieza de maderas cuyas caras no estén á ángulo recto entre sí. La fig. 165 representa la sección de una pieza de esta clase O, vista por uno de sus extremos. Se la prepara por medio de una cuña colocada convenientemente debajo del punto *v*, y de una aplomada F G, con la cual se hace que la arista del punto *m* coincida con una línea trazada en el asiento B, paralelamente á la pieza, á la distancia *n x*, tomada en la montea, ó bien con la cara de un tope *b* (fig. 166) convenientemente cortado según la misma montea.

También se puede preparar esta sección por medio del talud *n z* de la cara *u v*, por medio de una aplomada N J y de un compás ó de dos puntos *u z* marcados en una regla R (fig. 167); ó también por medio de una cuña clavada *d* (fig. 166), á la que se da un grueso *u z* tomado en la montea y á la cual se aplica la aplomada que debe pasar por el punto *v*. Lo más exacto consiste

en emplear un nivel de pendientes N (figura 168) que se coloca en la cara superior de la pieza, supuesta bien plana, ó bien de un nivel de taludes (fig. 19), ó bien, en fin, de un nivel ordinario Q (fig. 169).

Para trazar los ensambles de esta pieza, es indispensable que esté contraalineada por sus cuatro caras. La fig 165 representa una operación análoga á la ya descrita (figura 163). Se trazan primeramente las líneas centrales de la cara superior y de una cara lateral, la *m n*, por ejemplo, que pase la primera por el punto *a* y la segunda por el punto *e*. Hallándose la pieza A inclinada, se establece el nivel N; se toma con el compás la distancia vertical de la línea que pasa por los puntos *e* y *k*, y con la misma abertura se señala el punto *o* en la otra cara opuesta. Estas operaciones se repiten en el otro extremo de la pieza, determinándose así la posición de la línea de la segunda cara. Para la línea de la cara inferior se repiten las mismas operaciones explicadas anteriormente.

Nivelación. Para colocar la pieza A (figuras 161 y 162) á nivel, se busca el aplomo del trazo cuadrado K *h* colocando cuñas en los puntos que convenga; mas como este trazo cuadrado es muy corto y por lo mismo puede dar lugar á error, es preferible emplear el procedimiento indicado en las figuras 170 y 171, en las cuales se aplica una regla D sobre la cara vertical de la pieza A, haciéndola coincidir bien con la línea del centro *e e*; sobre esta regla se coloca el nivel de albañil E, haciendo de modo que su hilo coincida perfectamente con el trazo marcado transversalmente en la dicha pieza A.

Las figs. 172, 173 y 174 representan el caso en que los ejes de varias piezas de gruesos distintos deban establecerse en un mismo plano horizontal. Como se ve, la primera tiene mayor grueso que la segunda, hallándose bien colocada á nivel, así como también la segunda. Para colocar los ejes en un mismo plano, se coloca una regla L provista de un nivel N que descansa sobre la primera y en unas piezas rectangulares que se añaden á la segunda, de un grueso igual á la mitad de la diferencia de los gruesos de las piezas A y B; es decir, igual á la diferencia de la distancia *c a*, y la distancia *g r*. Entonces se va subiendo la pieza B por medio de cuñas *q* (fig. 173), hasta que el nivel indique exactamente la horizontalidad.

La fig. 172 representa la misma operación con relación á dos piezas desbastadas de gruesos desiguales, con la sola diferencia de que en vez de una regla y de un nivel, se emplea una regla-nivel L de uso muy frecuente.

Siempre que se tenga que transportar una distancia vertical *k c* (fig. 165) á una cara aplanada con relación á la línea *m n* de la pieza O, debe tenerse en cuenta que la posición del compás requiere que la regla horizontal ó el nivel suba lo bastante sobre las cuñas, para que la punta del compás Z pueda pasar por encima de la arista de la pieza correspondiente al punto *m*, para que pueda alcanzar al punto *k*, debajo del nivel, en situación vertical sobre el punto en que la otra punta del compás alcance en *e* á la cara aplomada.

Lo que se llama alinear una pieza de madera, consiste en hacer que su eje vertical corresponda con la línea del modelo que le representa, convenientemente colocada ésta á nivel. Para ello se coloca la pieza bien horizontal á la altura que requiera su combinación con las demás piezas, y á poca diferencia en el emplazamiento que le corresponda ocupar, procurando después correrla según convenga, hasta que por medio de aplomadas colocadas en los extremos de su eje longitudinal, coincida éste con el que le corresponda del modelo trazado en el pavimento.

Una pieza cualquiera no se considera en disposición de señalarse más que cuando está alineada con la mayor exactitud, bien á ni-

el y sobre su trazo de relación si éste tiene ıgar, teniéndose la seguridad de ello por ıedio de comprobaciones frecuentes á medida que se van colocando unas piezas sobre tras.

La operación del labrado de las piezas ue componen un armazón no debe principiar más que cuando éste sea completo y se enga la seguridad de la exactitud de sus po iciones y de su inmovilidad.

La fig. 175 representa el ensamble á escopleadura y espiga de dos piezas de madea A, B, y en la figura 176 las dos líıeas *m m, n n* (fig. 176), que se suponen razadas en el suelo formando parte del modelo, son las que reciben las piezas A, B; *r g* es un trazo de relación trazado igualnente en el modelo para guía de la pieza A.

Las fig. 177 es la proyección horizontal de a colocación de dichas piezas sobre el modelo, y la fig. 178 es su proyección vertical.

La fig. 179 representa en proyección horizontal y la fig. 180 en proyección vertical las mismas piezas A B, colocadas como en las figuras anteriores, con sus líneas de centro ó ejes é indicación de las aplomadas y distancias, para poder practicar el aplanado de las caras.

Siempre que, en un caso como el presente, resulte que la punta A no pase ó no alcance á la pieza á que debe ensamblarse, debe suplirse su falta de longitud para alinearla con una regla *p* (figs. 180 y 179), que se aplica con la mayor precisión sobre el eje *a a'*.

En el ensamble á escopleadura y espiga, representado en la fig. 175, las dos piezas A, B, forman dos juntas proyectadas horizontalmente en *x* y en *z*, y ambas en *z v* verticalmente, de donde resulta que para este ensamble deben labrarse cuatro líneas de junta, dos para la pieza A y otras dos para la B.

La fig. 181 representa, en proyección horizontal, las mismas piezas A, B, de la figura 179 después de picadas ó trazadas, sólo que están colocadas una sobre otra, si no separadas; en A^1 A^2 A^3 se las representa por sus otras tres caras para que se vean sus trazados, y poder comprobarlos con exactitud, para lo cual se trazan con la punta del compás ó bien un punzón y una regla, las líneas de juntas determinadas antes. Las líneas de junta *x y*, *z v*, de la pieza A (fig. 181) se han trazado siguiendo los picados 1-2, 5-6, de las caras de ensamble proyectadas en A^1 y A^2. Las líneas de junta representadas con las mismas letras de la pieza B, pasan por los picados 3-4, 7-8 de su cara de ensamble proyectada en B^1.

Una vez reconocidos los picados, se trazan los ensambles, para lo cual, sobre la proyección B^1 de la pieza B (fig. 181), se marcan con el compás á derecha é izquierda, y á igual distancia de la línea del centro *b b'*, dos puntos *e*, *o*, que se colocan sobre la línea de junta *x y*, y otros dos *i u*, sobre la línea de junta *z v*. Las líneas paralelas *e i*, *o u*, marcan los costados de la escopleadura, cuyo ancho *e o* ó *i u* es comúnmente el tercio del de la pieza, resultando que el rectángulo *e o u i* es la abertura de la escopleadura ó caja.

En la cara de paramento de la misma pieza B se traza con una escuadra la línea *x w*, perpendicular á la arista *x z*, tomando *x x'* igual á la profundidad de la entalladura de la espera *x x*, *z*; la línea *x' z* marca la inclinación del paso de la espera. La misma operación se repite, pero inversamente, en la segunda cara de paramento paralela y opuesta á la proyectada en B.

Para el trazado de la espiga de la pieza A, con la misma abertura de compás que ha servido para la escopleadura, se marca su ancho en las caras de ensamble proyectado en A^1 y A^2, por medio de cuatro puntos *r-s*, *m-n* en la primera, y por *p-q*, *t v* en la segunda, y á igual distancia de la línea del centro se trazan las líneas *m r*, *n s*,

t p v q, las cuales determinan el espesor de la espiga igual al ancho de la escopleadura.

Si tuviese que haber espera, la línea *x z* sería la línea de junta; no obstante, presta siempre su utilidad, por cuanto sobre el punto *x* y perpendicularmente á ella se traza la línea *x w*, que marca el derrame de la pieza. Con una abertura de compás igual á los dos tercios del grueso de la pieza B, se traza la línea *f g* paralela á *v z*, que representa y determina la longitud de la espiga. Sobre la línea *x w* se toma la distancia *x' x* igual á la altura de la espera, y entonces la línea *x' z* es la pendiente del descanso de la espiga, igual á la del corte trazado en la pieza B.

Esta misma operación se repite en la cara opuesta; pero en sentido contrario, y se traza en la punta de la pieza proyectada en A^2 la línea *w w* que también la determina.

La longitud de la línea *f g* da la del fondo de la escopleadura, cuya longitud se coloca de *o h* y de *e* á *k* en la cara de ensamble B^1; se traza la línea *h k* y se obtiene el rectángulo *o h k e*, que es la proyeccion del fondo plano de la caja, y el otro rectángulo *h n i k*, que es la proyección de su parte inclinada.

En la práctica se señalan por medio de círculos la parte de la escopleadura que debe vaciarse (fig. 181), y por los tracitos *i c*, *n c* para indicar que la línea *z v* es la línea de encuentro del ensamble de las piezas, siendo su parte *u i* el principio del asiento de la espiga.

Por lo general todas las espigas de un armazón tienen el mismo espesor, y por consiguiente todas las escopleaduras tienen el mismo ancho, de modo que para trazar las líneas que señalan estos gruesos y anchos, lo mejor es valerse de una regla de acero de dimensiones iguales á los mismos.

El trazado de las entalladuras para el ensamble de dos piezas que se cruzan, como las de una cruz de san Andrés, se limita, para cada pieza, á las líneas de junta representadas por dos trazos en las caras de paramento, para indicar los anchos de los cortes, y trazar en las superficies normales las líneas paralelas á las del centro, que son las que indican la profundidad.

Para la labra de los ensambles, tómese como ejemplo la ejecución de una escopleadura y su espiga correspondiente, que es el ensamble que ofrece todas las dificultades que pueden presentarse en esta clase de trabajos, de modo que sabiéndole ejecutar bien, los demás no presentarán dificultad alguna

La pieza B (fig. 181) presenta su cara de ensamble en B^1, de modo que se encuentra en la posición más á propósito para labrarla. Así dispuesta, se toma la barrena, con la cual se practican dentro del rectángulo *k e o h* tantos agujeros como sea posible, dándoles la profundidad que deba tener la escopleadura, después de lo cual se va labrando la caja con el escoplo.

Como á guía de ejecución se emplea la escuadra representada en la fig. 182, cuyos dos brazos *m n* apoyan en la cara de ensamble, perpendicularmente á la longitud de la caja, mientras que el brazo *o p* se introduce verticalmente en ella.

También se emplea la escuadra á colisa formada por dos reglas (fig. 183), de las cuales la *o p* resbala en la caja de la *m n*. Una de las caras de esta caja está perfectamente bien planeada para que el útil dé ángulos bien rectos, fijándose su posición por medio del tornillo *s*.

Algunos carpinteros substituyen la escuadra anterior por el *quillame* de madera, representado en la fig. 184, que también se utiliza para el sondeo de las cajas.

En cuanto á la pendiente de la escopleadura ó caja, se va labrando poco á poco, comprobando á menudo su inclinación por medio de una regla *m* y de una escuadra *q*, cuyo ángulo sea igual al *x z g* del trazado de la espiga (fig. 185).

Una vez terminada la caja, se corta la espera por medio de la sierra, aplicándola muy cerca de la línea $x\ y$ hasta la profundidad de $x\ x'$, y separando luego los costados por medio del escoplo.

A pesar de lo dicho, es preferible labrar primeramente la espera antes de vaciar la caja, por cuanto el plano inclinado ó derrames $z\ x'$ se trabajan con más facilidad y precisión.

Para la labra de la espiga se principia por aserrar la madera excedente de la punta, practicando los dos cortes $x\ f$, $f\ g$ y repasándolos luego con la mayor exactitud. Sobre el plano A^4 se marca el grueso de la espiga por medio de las líneas $m\ q$, $n\ p$; se traza también la línea $x'\ y'$ que señala la espera de los costados de la espiga, y, por fin, la línea $f\ f'$ que limita su longitud ó cantidad que penetra en la caja.

Labradas ya las piezas que constituyen el ensamble, se procede á su unión y á la colocación de las clavijas que deben retenerlas, no sin haber antes comprobado su perfecto ajustaje para la perfecta solidez del conjunto.

Cuando las piezas que se ensamblan son simplemente desbastadas, como representan las figs. 186, 187 y 188, el picado de las líneas de junta $x\ y$, $z\ v$, presenta algunas dificultades, debido á que, por no presentarse las caras bien verticales unas á otras, la aplomada no puede ser tangente á todos los puntos de su longitud, y por lo tanto, los planos verticales de las caras deben representarse por reglas como se explicará.

La fig. 189 representa la proyección horizontal de las dos piezas E D desensambladas, y la fig. 190 su proyección vertical.

La fig. 191 es la proyección horizontal, y la fig. 192 la vertical de las mismas antes de la labra de sus juntas.

La primera operación que debe hacerse con estas piezas es planearlas, tanto para las funciones que necesariamente deben llenar, como para el perfecto trazado de sus juntas. Hecho esto, se aplican sucesivamente á las caras horizontales de la pieza E dos reglas m, n, haciendo de modo que el borde de la m coincida con la arista superior de la cara de ensamble de la pieza D, y la regla n con la arista inferior, por medio de las aplomadas P M, Q N. Sobre la superficie superior de la pieza E se traza la línea $v\ z$, y en la superficie inferior la línea $y\ v$, que son las proyecciones de las aristas de las caras de junta de la pieza D. Se unen los puntos $x\ y$ por medio de un cordel, así como también los puntos $x\ v$, se señalan sus extremidades en las caras de ensamble de la pieza E, con lo cual se tienen ya las posiciones de estas dos líneas, que se trazan por medio de una regla.

Para obtener la línea de junta de la cara de ensamble de la pieza D, se aplica en su cara superior una regla q, haciendo de modo que coincida con la arista $t\ o$ de la pieza E, por medio de una aplomada que se coloca en t y en o. La línea trazada á lo largo de la regla q da, en la arista superior de la pieza D, el punto x que pertenece á la línea de junta de su cara de ensamble. Para el segundo punto se coloca en r un plomo Q N, que al mismo tiempo toca la arista inferior de la pieza E, la regla q y la arista inferior de la pieza D; luego, con un compás K, se toma en la regla n la distancia $r\ q$, de la aplomada á la arista inferior de la pieza E, para llevarla sobre la arista inferior de la pieza D, á partir igualmente del plomo desde r á y. Se unen los puntos x é y por medio de un cordel, señalando dos puntos en la cara de ensamble de la pieza D, y se obtiene la disposición $x\ y$ de una de las líneas de junta.

La otra línea de junta $v\ z$ de la cara de ensamble de la pieza D, se obtiene por medio de una operación semejante.

La comprobación de los picados, el trazado de la espiga y de la caja y la labra del ensamble se ejecutan del mismo modo que

para las demás piezas que, se han tratado antes, sólo que en éstas las líneas de derrames son oblicuas. Igual sucede con el picado, el trazado y labra de la junta de dos piezas escantilladas que se cruzan en cruz de san Andrés, por ejemplo.

En los ensambles de las maderas escantilladas, los agujeros de las clavijas y los pernos son perpendiculares á las caras de paramento, sin atender á la oblicuidad de las juntas.

Al labrar la madera debe atenderse muy particularmente á los defectos de un escuadreado imperfecto, para lo cual los picados deben practicarse en los entrantes ó salientes que haya, siguiendo la aplomada, y de una cantidad precisamente igual al grueso de la madera que deba conservarse ó cortarse para que la junta se encuentre en el mismo sitio que ocuparía si la madera estuviese perfectamente bien escuadreada, por cuyo motivo, en muchos casos el número de picados debe ser escaso para que las líneas de junta puedan ir siguiendo las sinuosidades de la madera.

Cuando las desigualdades no son exageradas, se puede á simple vista apreciar el trazado; mas, cuando éstas se presentan de modo que puedan dar lugar á error, debe acudirse forzosamente al compás, como está representado en las figs. 193 y 194.

Supóngase que las dos piezas A y B tengan que ensamblarse á caja y espigas; que B en lugar de arista viva lleve un chaflán *a b*, y por lo tanto que A deba llenar el hueco de éste. Para practicar un ensamble semejante, se toma con el compás la distancia del punto *a* á la línea del centro de la pieza B correspondiente al punto *o*, la cual se aplica en A desde el punto *o'* al *a'*. Se toma luego la distancia *b d* que da la aplomada, aplicándola en A de *d'* á *b'*. La línea *a' b'* será la corrección pedida; después al cortar la espiga se conservará el pico *a b* como expresa la fig. 195.

Debe procurarse cuanto sea posible no tener que recurrirse á estas combinaciones para corregir los defectos que puedan presentar las piezas que se ensamblen, por cuyo motivo será siempre ventajoso escuadrear bien las piezas. Tanto esta corrección como cualquier otra que pudiese presentarse tiene el inconveniente de reducir la extensión y cambiar la posición del plano de junta, lo cual debilita la solidez del ensamble.

CAPITULO XIII

ENTRAMADOS

Las casas y otros edificios construidos de madera sobre planos cuyos perímetros están formados por líneas rectas, se componen: 1.º de armazones ó entramados verticales que forman las fachadas ó muros; 2.º de armazones interiores, verticales igualmente, que los dividen en varios compartimentos y á los que se distingue con el nombre de tabiques; 3.º de los armazones horizontales que forman los pisos; 4.º de las cubiertas, tejados ó coronamientos que cobijan los edificios; 5.º de las escaleras que ponen en comunicacion á los varios pisos.

Un entramado no es más que un conjunto de piezas de madera cuyo número y modo de estar combinadas están relacionados con la solidez que deba darse al edificio, y cuyos intérvalos se rellenan con obra de albañilería.

ENTRAMADOS VERTICALES. La combinacion de las piezas principales de un entramado varian poco. El tipo general de esta clase de construccion está representado por la fig. 196, en la cual, para preservar las maderas de la humedad se eleva el nivel del piso colocando entonces algunas gradas-escalones en su entrada al nivel de un macizo de obra de fábrica que forma el zócalo.

En algunos casos, estas paredes alcanzan la altura del primer piso, desde donde arranca el armazon de madera que constituye los muros.

El entramado vertical no es más que un muro en el cual las partes resistentes son de madera y los huecos que quedan entre las varias piezas se rellenan ó macizan, sirviendo sólo para cerrar los espacios y no para sostener.

Las maderas pueden estar al tope, cuya construccion no se emplea casi nunca, llamándose entonces entramado lleno ó macizo; mas, cuando los huecos se llenan con obra de fábrica y las maderas que forman la osamenta no se tapan, es decir, que quedan vistas, entonces se le llama *aparente*.

Al entramado se le llama *revestido* cuando por condiciones especiales debe cubrírsele, como sucede en los que forman el inte-

rior de las habitaciones. Segun su posicion, se les llama, como ya se ha dicho, *exterior* ó de *fachada*, *interior*, *medianero*, de *division*, entre dos propiedades, de *traviesa*, etc.

Entramado *colgado* es el que se sostiene por trabazon en los puntos laterales. Tambien se le llama colgado cuando se encuentra en fachada y sale más que la base del edificio.

Cada armazon parcial se compone de una *solera* S que recibe los ensambles, á caja y espiga, de los *piés derechos p* los cuales sostienen las *carreras* H que les mantienen equidistantes y verticales, llevando además las vigas de techo. Entre estos pié-derechos y en las partes que deben constituir los macizos se colocan unas piezas G inclinadas, con ensamble de caja y espiga, llamadas *tornapuntas*, que van del extremo superior de un pié derecho al inferior de otro, las cuales impiden que puedan éstos moverse. Si el ángulo que estas piezas forman con la carrera y la solera es mayor de 60°, se les llama *esperas*, y si es menor *descargas* ó *bandas*.

Los pié-derechos, cuya mision es tan sólo sostener el edificio, se reparten en las partes del armazon que deben rellenarse, y entonces se les llama de *relleno*. Los que se hallan contiguos á las puertas y ventanas reciben el nombre de pié-derechos de *eleccion* ó de *cerco*, practicándoles unas entalladuras que reciben los batientes ú hojas de las puertas, los marcos de las vidrieras, las persianas exteriores, etc. Hay tambien los llamados de *guion*, que son los que reciben los guiones ó las piezas que terminan el entramado.

Las piezas que limitan la altura de las aberturas reciben el nombre de *dinteles*. Si el dintel ha de presentar una forma arqueada N (fig. 197), la pieza que le forma se hace curva debajo de la carrera, y entra á caja y espiga en los pié-derechos. Si ha de ser más baja aun, se forma una cruz de san Andrés entre ella y la carrera. A veces tiene que ser semicircular, como en I, y entonces se hace una entrada en los pié-derechos para alojar las piezas laterales que descansan sobre ellos. Cuando las aberturas deban afectar la forma de circunferencias de círculo, entonces se disponen las dos carreras superior é inferior con redientes para alojar piezas de refuerzo, rebajando algun tanto las carreras, como está espresado en I.

En las aberturas de medio punto representadas en la fig. 197, para dar más luz á las habitaciones, á piezas O, se las llama *cimbras* y están aseguradas por los *ligados* Y, que impiden puedan desviarse.

Las piezas inferiores son los *apoyos* ó *antepechos* sostenidos por el pilarejo U; mas cuando están situados como el de la fig. 198, entonces reciben el nombre de *virotillos*. Se da el nombre de *enano* á todo pié-derecho que no pase de 6 piés.

A los espacios de relleno entre puertas y ventanas se les da el nombre de *entrepaños*, los cuales, si alcanzan un espacio algo considerable se da más inclinacion á los tornapuntas F reforzándoles con *falsos pié-derechos* J, ó con otro tornapunta que forma la cruz de san Andrés sencilla con el primero (fig. 196), ó *doble* en A (fig. 197).

Los falsos pié-derechos se ensamblan á caja y espiga en las carreras, soleras, tornapuntas y la cruz de san Andrés. Antiguamente se les ensamblaba á *inglete*, lo cual se practica aun hoy dia; mas como este ensamble debilita mucho la madera, los buenos constructores cortan simplemente las cabezas en forma de embocadura de flauta, formando junta plana sin caja ni espiga, pero, en este caso, es indispensable clavar cada tornapunta con una pieza de hierro cuadrada terminada en punta, llamada *diente de lobo*, que se clava despues de preparada la madera con una barrena. Con todo, este sistema no deja de ofrecer muchos inconvenientes que afectan á la solidez de la union, por cuyo motivo es

preferible siempre hacer ensambles á caja y espiga con esperas algo profundas.

La pieza C (fig. 196), que forma el ángulo de un edificio y que por lo mismo corresponde á dos fachadas, debe ir de la solera á la cubierta para que pueda ligar entre sí los armazones parciales ó entramados de los pisos. Esta es una de las piezas más importantes para la solidez de la construccion y recibe el nombre de *cornifal*.

Cuando un entramado tiene dimensiones importantes, se le debe dividir en *crujías* iguales, ó á lo menos simétricas, por medio de pié-derechos que descansando en las soleras terminen en la cubierta, como en T (figuras 197 y 198).

El servicio que prestan los entramados verticales, como ya se ha dicho, es el de ser partes sustentantes por cuyo motivo deben ser resistentes, de escuadria suficiente y proporcionada con la altura que deban tener. La de los pié-derechos es conveniente sea poca para que no necesiten tanta seccion, y deben ofrecer buen apoyo á las carreras.

Otros elementos muy esenciales y que no puede prescindirse de ellos en los entramados, son las carreras que, como ya se sabe, sirven para sujetar los pié-derechos evitando su separacion y en las que apoyan las vigas de los techos, sirviendo en muchos casos tambien para dar apoyo á pié-derechos que deban colocarse sobre ellas.

Las *sobrecarreras* colocadas encima de las vigas tienen por mision el sujetar á éstas. La solera descansa toda ella sobre el muro, no debiéndoselas confundir con las carreras, que éstas descansan sobre pié-derechos.

Los espacios entre pié-derechos y carreras pueden asegurarse más aun por piezas diagonales, que forman como tornapuntas y contribuyen á la invariabilidad de las formas generales.

Los *puentes* de entramado son piezas horizontales colocadas entre carreras, que sirven para subdividir la altura del hueco que queda entre ellas, contribuyendo tambien á dar mayor solidez. Los pie-derechos de aberturas tienen por objeto limitar á éstas y establecer el borde.

Cuando la osamenta de un entramado está ya montada, debe procederse á su trocado, que consiste en rellenar los huecos que deben formar paramento. Si se desea que las partes del entramado queden ocultas, es necesario cubrir el todo, y entonces se le da el nombre de *revestido*.

El trocado puede hacerse con fábrica de albañileria, con madera, ó con ambos combinados. El primero es el método de construccion más en uso, eligiéndose el material segun la importancia del edificio. En Madrid se hace con cascote ó deshechos de las casas clavándosele con yeso, que así forma como una especie de mamposteria; mas esto se hace en edificios de poca importancia. Si los edificios son de algun coste, se hace con adobes, y entonces es preciso revestir los paramentos, para que no se descompongan por efecto de las lluvias. En otras partes se hace con fábrica de ladrillo cocido, que es mucho mas resistente. Tambien se le hace con fábrica de mamposteria en localidades en donde abunde la piedra y escasee el ladrillo. Si se hace con fábrica de tapial, se obtendrá mayor resistencia que con los adobes.

Todas estas fábricas se ponen en contacto con la madera á la cual se le dejan asperezas para que adhiera. En Madrid emplean con este objeto una especie de soga de esparto muy delgada, que arrollan en sentido elizoidal al rededor del pie-derecho, y á la cual adhiere la mezcla. Otras veces emplean clavos de gancho clavados en los pié-derechos. Tambien se da á éstos la forma angular interior para que quede aprisionada la masa; mas, este sistema tiene el inconveniente de quitar seccion al pié-derecho debilitándole, y para evitarlo se le clavan en los bordes y de arriba abajo unos listones que hacen el mismo efecto y le conservan toda

la seccion, economizando al mismo tiempo en la mano de obra.

Los *trocados de madera* son simples armazones que se instalan con el fin de disminuir los huecos, sustituyendo á los macizos de obra de fábrica. Las tablas que les constituyen penetran en una ranura longitudinal practicada en los pié-derechos, aplicándose de canto unas con otras y constituyendo tabique. Tambien puede disponerse clavando las tablas en los pié-derechos, en cuyo caso el tabique puede ser simple y doble; simple cuando las tablas se clavan en una cara de los pié-derechos, y doble cuando se clavan en dos caras opuestas.

Estas tablas se colocan á junta plana ó al tope; y para evitar que se encojan por efecto de la humedad, se hace una junta á caja y espiga que coja todo el largo de las piezas. La disposicion que está mas en uso es aquella en que una tabla cobija á la otra, estando sujetas dos á dos por medio de clavos ó tornillos. A veces se colocan las tablas verticales cubriendo las juntas con listones, que se clavan no más que en una tabla, para que al contraerse la madera no se rompa.

La fig. 197 representa la alzada de un edificio de madera montado sobre pilares de silleria Z, sobre los cuales descansan grandes piezas de madera M que forman los dinteles y que reciben las soleras del piso. Los pié-derechos principales y los cornífales, descansan sobre estas soleras. La union de las vigas M que forman el ángulo del edificio, es á cola de milano reforzada con hierros de ángulo. A los pié derechos principales P que cargan en el centro de los huecos se les disminuye la carga por medio de las descargas ó tornapuntas D, ensamblados á caja y espiga con espera, reforzando tambien todas las juntas por medio de hierros y abrazaderas Z.

Los pié-derechos de cerco de las ventanas que corresponden á las descargas D D (figura 197) se ensamblan en ellas á caja y espiga con espera, y sus cargas se sostienen por debajo por pilarejos de igual escuadria y ensambladas del mismo modo en sus prolongaciones. El suelo del primer piso se supone de igual grueso que las soleras S. El grueso de los dinteles es mucho mayor que el armazon ó entramado, cuya parte escedente se encuentra en la parte interior y soporta las puntas de las vigas.

Las figs. 196 y 197 representan fachadas tales como se construyen hoy dia, y la figura 198 es una fachada tal como se construia antiguamente.

La fig. 199 es la elevacion de una fachada de madera con puerta-cochera, en la cual para sostener la carrera S, en la parte correspondiente á la puerta sin disminuir la altura del hueco, se ha añadido una segunda carrera inferior Y ensamblada en los pié-derechos de cerco, sostenida por piezas curvas de refuerzo O, que se alojan en redientes y ensamblan á caja, espiga y escopleadura, formando un arco de medio punto. Siempre que se desee una solidez perfecta deben elegirse maderas curvas; mas si esto no es posible, se cortarán tan sólo interiormente como se espresa en Q, dejando el otro lado sin labrar.

La fig. 200 representa la alzada de una casa de tres pisos, en la cual están combinadas las maderas de modo que puedan recibir los revoques y rellenos ó trocados.

En la composicion de un entramado debe cuidarse muy particularmente que los pié-derechos principales, los de cerco, los de relleno y los tornapuntas de los varios pisos, se correspondan verticalmente, para que desde la cumbrera al zócalo se correspondan las aplomadas de las maderas, que así la solidez será perfecta; por el mismo motivo, los huecos de las puertas y ventanas tambien deben corresponderse verticalmente, para que los entrepaños no puedan cargar sobre los dinteles de los huecos.

Cuando deba darse mucha luz á una aber-

tura, como la de la fig. 201, conservándole su forma cuadrada y los entrepaños comprendidos entre los pié-derechos de cerco BB, CC, DD, se correspondan sobre de ella, se aligera la carrera S que forma el dintel por medio de las descargas DD (figura 197), ó las QQ de la presente figura, que terminan en la *sopanda* T, con lo cual se obtiene un *fabalconado* que distribuye la carga entre los pié-derechos de eleccion ó de cerco PP, estribados por los tornapuntas GG.

A los entramados exteriores se les acostumbra disminuir la escuadria en cada piso, dándose esta disminucion en forma de talud ó escalonada en la parte exterior del edificio. Esta disminucion que sólo disminuye el grueso de la madera de algunos milímetros en cada piso, da más estabilidad al conjunto, llamando hácia el interior las resultantes verticales de la carga que deben soportar los entramados, para que resistan mejor los empujes que la flexibilidad de los techos y sus vibraciones ocasionan en ellos.

Los entramados que representan las figuras 202 y 203, son muy notables por la manera cómo se sostienen sobre el afirmado, atendiendo al gran espacio libre que dejan muy semejante al de un puente, cuya construccion se conoce con el nombre de *sopanda*.

El de la fig. 202 representa un gran arco A formado por cuatro gruesos de tablas que sostienen tres pisos exactamente iguales á los de la figura. A este arco lo retienen dos cruceros horizontales M, y está sostenido además por dos piezas curvas EE ensambladas en él, que reciben una parte del peso de la fábrica y descansan en unos dados de piedra DD colocados á nivel del suelo sobre cimentacion de ladrillo. Estas piezas curvas se unen al arco en los puntos en que descansan las piezas FF, que alcanzan toda la altura del entramado y terminan en los pié-derechos principales PP. En cuanto á los pilarejos Q, están ensamblados tambien en los cruceros M, y soportan las vigas del primer piso.

El entramado de la fig. 203 se compone gualmente de tres pisos iguales á partir del los apoyos de las ventanas. Está sostenido por dos pares de cruceros horizontales MN, de los cuales el uno forma dientes y el otro sirve de apoyo á las ventanas. Estas piezas retienen á los dos pié-derechos de las estremidades que van del firme hasta la cubierta y á los centrales PP, que descansarán en la pieza M y en los cuales se ensamblan las soleras y las carreras de los pisos. Los dos pares MN y los pié-derechos RP, están ligados por medio de tres cruces de san Andrés C, entre las cuales se hallan repartidos algunos pilarejos. Las dos descargas ó piezas curvas EE reparten la carga de los pié-derechos PP y del espacio comprendido en ellos sobre los dados de piedra DD, que descansan en obra de fábrica, junto con los pié-derechos RR de los muros laterales.

Tabiques entramados.—Los tabiques que se emplean en el interior de los edificios sirven para dividir el emplazamiento general en compartimentos; su altura es igual á la de las fachadas; su estension se determina por el espaciado de los demás, con los que se cruzan generalmente á ángulo recto, y su grueso es algo menor que el de las fachadas, tanto para poder distribuir bien el espacio, como para poder aumentar el número de pié-derechos, que son los que prestan la resistencia. Por este medio se les da la escuadria necesaria para que puedan sostener el techo, cuya carga es casi siempre doble de la que soportan las fachadas; sin embargo, el mayor grueso que se da á éstas es á causa de hallarse expuestas á las influencias atmosféricas, y por constituir el cierre de los edificios.

Los tabiques principales deben hallarse completamente aplomados unos sobre otros

descansando el de abajo en un afirmado de obra de fábrica.

La fig. 204 representa la alzada de un tabique entramado para un piso de un edificio, en el cual las soleras S descansan en las vigas del piso inferior, que á su vez apoyan en la carrera C de este mismo piso. Los apoyos ó pié-derechos A son verticales colocados entre sí á una distancia igual á su grueso; sin embargo, cuando la carga que reciben no es considerable, se les puede separar algo más.

Los *pié-derechos de relleno* se ensamblan á caja y espiga en las soleras y carreras que soportan, sobre las cuales descansan las vigas de los pisos ó techos superiores. Los pié-derechos de *eleccion* ó de *cerco* P deben ser más resistentes que los de relleno A, puesto que hallándose más separados uno de otro deben soportar más carga. Se les ensambla á caja y espiga en las vigas para que liguen arriba y abajo los tabiques con los techos. Las soleras no deben correrse en los huecos para que no sobresalgan del piso, y se ensamblan en los pié-derechos de cerco. Las piezas L, M que limitan la altura de las puertas y están ensambladas en los pié-derechos de cerco, pasan á ser los dinteles, reforzándose el espacio que queda entre éstos y la carrera por medio de pilarejos, como en L, ó por un pilarejo y travesaño, como en M. Tambien se pueden dejar huecos para alojar en ellos marcos vidriados.

Siempre que en un entramado los pié-derechos no alcanzan la altura conveniente de un piso á otro, se establecen travesaños T á la mitad de la altura, ensamblados en los pié-derechos de cerco P, ó en algunos pié-derechos principales distribuidos en la longitud del entramado.

No conviene que estos travesaños sean muy largos para que no puedan desviarse del plano vertical del paramento, dejando entonces de prestar apoyo á las vigas que cargarian en las carreras H, cuya escuadria no seria suficiente para soportar su peso.

Cuando la carga de un techo deba ser considerable á causa de su mucha estension ó por el peso de los objetos que cargan en él, los dos entramados X Y, Y Z deben reforzarse con descargas D D que distribuyen la carga á los puntos O, y ofrecen así buena resistencia, ensamblándolas á caja y espiga con esperas en las soleras y carreras, ó en pié-derechos comunes á ambas. Tambien pueden ponerse dos séries de descargas G G en un mismo entramado, en cuyo caso las inferiores apoyan en la solera y las superiores en el travesaño T.

Cuando las aberturas de un tabique entramado se encuentran muy separadas unas de otras, como A A en la fig. 200, se evita que la carga de los pisos y de los entrepaños se acumulen en él, disponiendo en la parte superior un larguero R que constituye el dintel de las puertas, y recibe las descargas R ensambladas con espera por el estremo inferior, y por el superior ensamblan en un pilarejo central I unido al pié-derecho correspondiente por medio de un hierro en cada cara de paramento.

El trocado de los tabiques entramados es el mismo que el empleado en las fachadas, eligiéndose el que tenga menos peso. Cuando deba colocársele un enlatado y darle un revoque, tanto las piezas de cerco, como las carreras y soleras deben quedar aparentes ó sobresalir del trocado para que puedan retener á aquél. En este caso, se da á estas piezas una escuadria algo mayor, para que resulten en el mismo plano que el revoque, y para que sus caras de paramento conserven el ancho debido despues de practicada la entalladura ó ceja de 20 á 28 milímetros correspondiente al grueso del revoque, y de 28 á 50 milímetros de ancho para recibir las puntas de las latas que deben clavarse en ella.

Tabiques ligeros ó sencillos. Estos

tabiques se emplean para las distribuciones de detalle de los edificios, y por lo mismo no deben recibir carga alguna. Se les construye igual que los demás con la mitad del grueso de los anteriores.

La fig. 205 representa un tabique con dos puertas y varios sistemas de trocado. Los pié-derechos de cerco P P, se ensamblan en las vigas de los techos superiores é inferiores de un modo invariable. Si los entrepaños tienen mucha estension, se les divide por medio de pie-derechos intermediarios R con los que ensamblan los travesaños; y para evitar cualquier movimiento que pueda ocurrir, se refuerza el entramado con los tornapuntas F. Si el entrepaño debe cubrirse con tablas M, M, entonces á todas las piezas de refuerzo, tales como T, F, y otras que puedan ponerse, se les da el grueso suficiente para que una vez colocadas las tablas queden en el mismo plano que el de los piéderechos P. Tambien puede ponerse un trocado, tal como el Q en el cual las tablas son sin pulimentar y sus puntas encajan en ranuras practicadas en los travesaños, soleras y carreras. En este caso, se clavan una série de latas S en ambas caras del entramado sobre las que se aplica el revoque. Z representa un trocado hecho con soga de esparto arrollada en unos palos de igual longitud que la del entramado, sobre del cual se aplica luego el revoque. Otro trocado es el representado en B, que puede ser de ladrillos comunes ó de yeso, colocados de plano, pudiendo ocurrir dos casos, ó que el grueso de los pie-derechos se subordine al ancho de los ladrillos, más los dos revoques, ó que éstos se subordinen á aquél, en cuyo caso los ladrillos deben ser de medidas especiales.

A pesar del poco peso que debe tener un tabique de esta clase, la mejor posicion que se le puede dar es la transversal con relacion á los envigados, para repartir toda su carga; mas si hubiese la necesidad de establecerlo en sentido de la longitud de las vigas, debe procurarse que coincida sobre una de ellas, dando entonces á ésta una escuadria mayor, y colocando descargas en los sitios convenientes para aligerarle de peso, tales como hierros que unan esta viga con sus compañeras más próximas, para que soporten tambien algo de su carga.

Tambien se construyen tabiques que tienen tan sólo el grueso de una tabla, y se componen de tablas unidas entre sí de que ya se ha tratado al principio.

ESTABILIDAD DE LOS ENTRAMADOS. Rondelet ha calculado el grueso del modo siguiente: Supóngase que un pié cuadrado de entramado pesa 50 libras siendo su grueso de 8 pulgadas; su estabilidad estará representada por la fórmula $50 \times \frac{8}{2} = 50 \times 4 = 200$. Comparándolo con un pié cuadrado de obra de fábrica que pesa 180 libras en un grueso de 16 pulgadas, siendo su estabilidad de $180 \times \frac{16}{2} = 180 \times 8 = 1{,}440$, se deduce, que los entramados de madera no tienen la estabilidad suficiente, siendo 7 veces menor que la de aquéllos. Con todo, esta hipótesis no es exacta, por cuanto no se deja ningun muro abandonado á sí mismo ni á ningun entramado sin reforzarle para que ofrezca una estabilidad perfecta.

VENTAJAS DE LOS ENTRAMADOS DE MADERA.

1.º Requieren menos espacio que la obra de fábrica;

2.º Permiten recargar los puntos débiles y aligerar los fuertes;

3.º Pueden hacerse huecos considerables en ellos, lo que no puede hacerse en la obra de fábrica sin recargar la construccion;

4.º Son mas conductores del calórico que los de fábrica;

5.º Resisten mejor que éstos las sacudidas y trepidaciones del terreno;

6.º La trabazon de sus distintas partes es mayor que la de las obras de albañilería.

7.° En algunas localidades son mucho más económicos que los de fábrica;

8.° Son más convenientes en aquellos puntos en que el terreno es malo para la cimentacion;

9.° Permiten habitar el edificio inmediatamente despues de construido; no así los de obra de fábrica.

INCONVENIENTES DE LOS ENTRAMADOS DE MADERA. 1.° Son más fáciles de destruir que los de obra de fábrica;

2.° El procedimiento es más costoso que en éstos;

3.° Favorecen el desarrollo de los insectos;

4.° Están expuestos á la descomposicion de las maderas;

5.° Favorecen los incendios.

DIMENSIONES DE LAS PIEZAS QUE FORMAN LOS ENTRAMADOS. La escuadria de las piezas de madera se determina por la resistencia de las varias clases de madera en sentido de sus fibras, y por el cálculo de la carga que deban soportar segun el piso en que se encuentran.

Como más adelante, al tratar de la fuerza de las maderas se esplicará el método que se sigue para todos los detalles de este cálculo, bastará por ahora conocer las dimensiones que se consideran en la práctica.

		PULGADAS.	MILÍMETROS.
Entramados de fachada, de 12 pies (4^{m}) de alto.	*Grueso.*	8 á 9	217 á 244
	Cornifales y pié-derechos de guion.	9 á 10	244 á 271
	Pié-derechos de estribo.	8 á 9	217 á 244
	Soleras y carreras..	8 á 9	217 á 244
	Pié-derechos de cerco.	7 á 8	189 á 217
	Pié-derechos de relleno.	6 á 8	162 á 217
	Separacion de los pié-derechos de relleno..	10 á 12	271 á 225
	Descargas, cruz de san Andrés.	6 á 8	162 á 217
	Tornapuntas y pilarejos.	5 á 8	135 á 217
Tabiques entramados	de 12 piés (4^{m}) de alto. *Grueso.*	6	162
	más arriba de 12 piés. .	7	189
Pié-derechos	sosteniendo techo. *Grueso.*	5 á 6	135 á 162
	sin sostener techo.. »	4 á 5	108 á 135
Tabique de division.		3 á 5	81 á 135

CAPITULO XIV

ENTRAMADOS HORIZONTALES

La misión de los entramados horizontales ó techos, es de separar los pisos de un edificio y sostener el solado donde debe pisarse.

El techo y el suelo son relativos: el techo para el piso que cobija, y el suelo para el piso que sustenta.

Los techos contribuyen en gran parte á la solidez, estabilidad y permanencia de los edificios, tanto por la trabazón como por el apoyo y por la carga que les ofrecen, debiendo reunir para ello las circunstancias siguientes: 1.ª Que sean económicos, lo cual depende del coste del material, y del de la mano de obra resultante de disposiciones sencillas; 2.ª Que el empleo del material obedezca á la disposición, ya en un sentido ya en otro en que se coloque; 3.ª Que sea duradero, puesto que su duración debe resultar de la estabilidad de la disposición que determina su empleo, resultando también de la bondad de los materiales empleados. La duración también resulta de la inalterabilidad á causa de la humedad del aire, que por el vapor acuoso que contiene puede perjudicar á la madera pudriéndola.

Las condiciones particulares de los techos son las siguientes: 1.ª Que sean poco sonoros y muy aislantes, lo cual se logra ó aumentando el espesor del techo ó dejando huecos que aislen; 2.ª Que sean impermeables á la humedad; particularmente en los puntos en que se esparrame agua con más frecuencia; 3.ª Que el sistema de techos permita la colocación de tubos para conducción de agua, aire, humo, gas, etc.; 4.ª Procurar que tengan la forma un poco bombada por arriba, para evitar el mal efecto óptico, pues si son completamente planos aparentan ser convexos, precaución que no data de ahora sino de tiempos muy antiguos, como puede notarse en edificios griegos de aquella época; 5.ª Debe evitarse que la construcción de los techos debilite la estabilidad de los muros, contribuyendo, por el contrario, á aumentarla; 6.ª Deben permitir el paso á la caja de escalera, chimeneas, etc., de modo que antes de la edificación debe conocerse ya la posición de todas estas partes para poder formar con seguridad el techo.

Las partes constitutivas de los techos son dos: 1.° un *armazón entramado*; 2.° el *forjado* ó *relleno*. La primera es la que da resistencia y constituye el esqueleto ú osamenta; la segunda es la que da sustentación al suelo superior.

La fig. 206 representa un entramado horizontal compuesto de vigas, sobre de las cuales se han indicado varios modos de disponer las tablas que constituyen el piso. La figura 207 es un corte longitudinal según A B. La fig. 208 es un corte transversal según C D. La fig. 209 es un corte transversal quebrado según E F F G.

En muchas construcciones, particularmente en el Norte, los pisos ó solados están formados por tablas y reciben el nombre de *tablados* ó *entarimados*, prestando mucha utilidad por ser buenos conductores del calórico y no formar polvo, pero en cambio, como ya se sabe, facilitan la propagación de los insectos, están sujetos á las influencias de la humedad y sequedad, y son malos en sitios donde abunde el agua.

Se les emplea mucho en las construcciones rurales colocándoseles sobre las vigas, y están formados por tablas puestas al tope para mayor economía, y empleando las tablas del país medianamente preparadas. Algunas veces para tapar las junturas se pone un listón más ó menos moldurado y clavado sólo en una tabla, porque si se clavaran en ambas, al hacer éstas algún movimiento de dilatación ó contracción, le rajarían.

Las tablas se ensamblan longitudinalmente por medio de ranuras y espigas, para que mutuamente se mantengan y no pueda pasar por sus juntas el polvo. Cada tabla lleva una ranura en un lado y una espiga en el otro, que de este modo se presentan todas las espigas de un techo en un lado. Las uniones de las juntas de las tablas se hacen generalmente á junta plana y se procura descansen en una viga, clavándolas en ella.

Los techos formados con un solo grueso de tablas recibe el nombre de tablado horizontal *simple*, colocándoseles muchas veces encima un segundo tablado, con lo cual resultan más sólidos y menos sonoros (fig. 206) (*g*, *h*), para lo cual se establece cierta distancia entre ambos representada por el grueso de las latas *f* clavadas en las vigas que retienen el tablado inferior. Para que el techo quede completamente sordo, se rellena el espacio entre los dos entarimados con mortero común, musgo seco ó algún otro material. Si se emplea el mortero se le extiende bien uniformemente al nivel de las latas, y antes de que esté casi seco se clava el segundo entramado; debe procurarse que no esté completamente seco, porque podría henderse á causa del martilleo. Cuando los huecos se rellenan con musgo, lo cual es preferible, puesto que la humedad del mortero puede encorvar las tablas, se le va colocando á medida que se van clavando éstas, apretándole bien por medio de un palo.

Las tablas de este segundo tablado, llamado á la inglesa, pueden ponerse á junta plana, tanto por la buena unión del tablado inferior, como por la capa de material que rellena los huecos, como, en fin, por la posición perpendicular que tienen sus juntas con respecto al primero.

En el entarimado de *espina de pescado i* las tablas son paralelas entre sí é inclinadas á 45° con las vigas, ó á otro grado cualquiera, y las juntas de unión son continuas á lo largo de las vigas, clavando las tablas diagonalmente y poniendo dos clavos en cada una de ellas.

El entarimado *h* llamado de *junta de Hungría*, es una variante del de espina de pescado, sólo que la junta no es continua, de modo que, como no se forman ángulos agudos como en aquél, debe procurarse que las uniones vengan siempre sobre la viga.

Para la colocación de las tablas, cuando las vigas son todas iguales, se apoyan directamente las tablas sobre ellas, y si hay al-

guna viga que no esté en el mismo plano de las demás, debe corregirse con la azuela si sobresale.

Se construye primeramente al forjado, aplanándolo bien, como ya se ha dicho, y encima se colocan las tablas; pero como la colocación de las vigas obedece á la horizontalidad de sus paramentos inferiores, ya para la buena visualidad ó ya para la colocación del cielo raso, deben corregirse por arriba los defectos que pueden presentarse, para lo cual se colocan unos travesaños llamados *dobleros*, perpendiculares á las vigas; es decir, que si tienen tres vigas, por ejemplo, de las cuales hay una que esté más baja que el plano de las otras dos, para poder colocar el entarimado, se pondrá un doblero con mordeduras que coincidan con las vigas bien sentadas y que descansen en la otra viga más baja. Estos dobleros se colocan á distancia de 30 á 40 centímetros unos de otros y encima se coloca el entarimado. Donde son más indispensables estos dobleros son en las vigas de hierro para que haya lugar á clavar el entarimado, y deben llevar mordeduras en las partes que coincidan con las alas superiores.

En los tres sistemas, á la inglesa, de espina de pescado y de junta de Hungría, las juntas no van al tope ó planas, sino que, como ya se ha dicho, se unen en el canto por ranuras, pudiéndose adoptar todos los sistemas de ensamble que ya se conocen para el caso.

La trabazón de las latas con las vigas puede hacerse con puntas de París cuya longitud debe ser 2 ó 3 veces el grueso de la pieza ó tabla. Pueden usarse también clavos de sección cuadrada con cabeza oblonga, ó también tornillos de madera ó de hierro.

El poner clavos por encima tiene el inconveniente de estropear los útiles de carpintero al proceder á repasar el entarimado una vez concluído; sin embargo, como por este medio la unión es perfecta, se corrige este inconveniente hundiendo las cabezas de los clavos ó tornillos para que queden más bajas que la superficie del entarimado, y los agujeros que quedan se tapan con mastic ó con piececitas de madera pegadas con cola; pero como estas correcciones casi siempre se notan y hacen muy mal efecto, lo mejor es clavar las tablas por el canto de la ranura más saliente, que así la tabla que se coloca tapa los clavos de la colocada anteriormente.

El ancho de las tablas de un entarimado no conviene que sea excesivo, porque se curvaría, de modo que la práctica les da 0'08^{m} de ancho si la longitud no pasa de 1 metro, que si fuese mayor se les daría 0'11^{m}. Su grueso varía entre 0'027^{m} y 0'034^{m}, y generalmente se les da un promedio de 0'03 para pisos.

Cuando se quiera dar cierto carácter de riqueza á los entarimados, se les decora ó se forman mosaicos con ellos, en cuyo caso están formados por varias piezas de madera de clases distintas y de distinto color unidas entre sí, pero que tengan todas el mismo grado de dureza, para que no se gasten desigualmente, y con el tiempo no formen rebordes. Generalmente estos entarimados se establecen sobre otro tablado común. También se les puede adornar con esculturas ó pintárselas caprichosamente, como expresa la fig. 210, representada vista por A B en la figura 211 y por C D en la fig. 212.

a y *b* son las vigas del techo; *c*, tablas del entarimado superior, clavadas en las vigas y ensambladas á ranura y espiga y cuyo entarimado podría ser doble; *d*, virotillos ensamblados á caja y espiga en las vigas para formar los compartimientos del techo. Las tablas *e* del fondo de los compartimientos se juntan á espiga en las ranuras practicadas en las caras verticales de las vigas y de los virotillos que forman los marcos. En *x*, en *y* y en *z* las vigas llenan una entalladura para recibir las tablas del fondo de

los compartimientos que pasan por debajo de las vigas. En la fig. 211, las tablas *e* están cortadas á hilo, perpendicularmente al de las vigas. En la fig. 212 estas mismas tablas están cortadas perpendicularmente á su hilo, que es paralelo á los virotillos. Hoy día, para decorar los techos, evitando que las juntas queden vistas, se ejecutan los dibujos sobre telas bien tendidas en bastidores ó marcos de madera, que se colocan luego en los techos en marcos preparados expresamente para recibirlas.

En los grandes edificios se decoran los techos por medio de tablados artificiales de madera, independientes, de que se tratará luego.

En los países en que el yeso es abundante, los techos se forjan con obra de fábrica, como está expresado en la fig. 213, cuya sección por AB, representa la fig. 214. Las partes componentes de este techo son: *a*, vigas; *b*, enlatado superior de roble clavado en las vigas, perpendicularmente á su dirección; *c*, forjado de mezcla; *d*, enladrillado, mosaico ó enyesado, según la importancia de las habitaciones y el uso del país; *e*, enlatado inferior de roble clavado sobre las vigas perpendicularmente á su longitud; *f*, relleno de yeso entre vigas, descansando sobre el enlatado inferior, con el objeto de quitar la sonoridad é impedir el paso á los hedores que podrían atravesarle; *g*, techo de yeso unido al de relleno por entre los espacios libres del enlatado inferior.

Este relleno parcial pesa mucho menos que si fuese completo, dándosele un grueso medio de 0'08 á 0'11, suficiente para la impermeabilidad, y se le adhiere á las vigas por medio de clavos clavados en ellas, ó por otro sistema.

Cuando no se quiera cargar tanto el techo, basta rellenar ó forjar los intervalos de las vigas por debajo del enlatado superior, que está representado en las figuras 215 y 216, por dos cortes, perpendicular el uno y paralelo el otro á la longitud de las vigas, reteniéndole por medio de pequeñas entalladuras practicadas en éstas. Esta clase de techos tiene el inconveniente de dejar las vigas aparentes, y por lo mismo son más susceptibles de ocasionar un daño más rápido en caso de incendio, por cuyo motivo son preferibles los techos continuos, representados también en las figs. 207 y 209.

En algunos países, en vez de latas de roble emplean las de abeto aserrado ó en tablas delgadas hendidas con el hacha. En otros, se emplean cañas clavadas en las vigas, y en las localidades en donde no pueda emplearse el yeso, se suple con argamasa de barro y paja ó con soga de esparto *h* (figura 217).

Si los techos tienen una gran extensión, resultan muy elásticos, en particular cuando están construídos con maderas resinosas, de modo que para evitar que se hiendan se establece en su armazón otro más ligero, destinado exclusivamente á afianzar el techo, como está representado en la fig. 218, en la cual las vigas *a* sostienen el piso *b*, y las vigas *o*, de escuadría algo menor y colocadas en los intervalos de las primeras, sostienen el techo *r*.

Si en vez de latas de roble se emplean tablas hendidas de roble ó de abeto, como ya se ha dicho, en este caso puede darse más distancia de entrevigas, como en la figura 210.

Cuando en un techo se prescinde del enlatado, debe echarse mano forzosamente de otros medios, cuyos procedimientos dependen del material propio de la comarca, con el fin de que resulte más económico.

En Barcelona, por ejemplo, se usan las bovedillas, con cuyo procedimiento se consigue una gran economía, ligereza, solidez y aislamiento, no construyéndolas nunca de un solo grueso, sino que se les acostumbra á hacer de dos y á veces de tres, dejando el hueco entre viga y viga capaz para

tres rasillas formando arco, de las cuales la del centro se encuentre en el mismo plano que el de la carga superior de dichas vigas.

Estas vigas llegan ya preparadas á la obra, llevando ranuras laterales (*galgas*), sobre las que descansan las dos hiladas longitudinales de rasilla. Para su construcción se principia colocando dichas dos hiladas, y bien adheridas que sean se coloca la tercera entre ambas En cuanto al segundo grueso, debe colocarse á juntas encontradas con el primero. Concluída la bovedilla, resulta una superficie de tres caras planas que se redondean después con el revoque, si debe quedar vista, dejándola sin revocar si debe haber cieloraso.

Como ya se ha dicho, el segundo grueso se alterna con el primero, y como no puede evitarse que sus juntas longitudinales coincidan, se alternan las transversales, y así ofrece muy buena resistencia.

Cuando deba proceder al forjado, se rellenan todos los huecos superiores que quedan entre las bovedillas y las vigas, con desechos de la misma obra y mortero, enrasándolo bien todo.

Como estas bovedillas ó el forjado ha de quedar por algún tiempo á la intemperie, se dejan de trecho en trecho entre rasillas y vigas unos agujeros por los que pueda salir el agua proveniente de las lluvias, para que ésta no se encharque allí y pudra las maderas.

El *doblado* ó capa superior de las bovedillas es conveniente hacerle con cemento á causa de la gran resistencia que ofrece.

Este sistema da muy poco peso de construcción, y como es muy común el poner cielorasos, quedan entre éstos y las bovedillas unos callejones que aislan perfectamente los sonidos de un piso á otro.

Este sistema ha sufrido algunas variaciones, empleando en vez de vigas tablones más altos que aquéllas; mas no reune las ventajas que se le quiere suponer, pues como la parte central es la más resistente en toda madera, cuanto mayor grueso tenga será mejor.

En este sistema de bovedillas la madera en vez de tener el *galgo* en el centro, lo tiene en la parte superior, resultando más planas las bovedillas y habiendo menos que macizar; sin embargo, no se sujetan tanto las vigas como en el otro, en el cual las bovedillas cogen á las vigas por la parte más resistente como es el centro.

El forjado de *lata* y *rasilla*, que se emplea en muchos casos, consiste en un solado preparatorio de rasillas colocadas todas en el mismo sentido, que descansa en unas latas de $0'05^{m}$ de altura por $0'07^{m}$ á $0'08^{m}$ de base colocadas perpendicularmente á aquéllas y apoyando el todo en las vigas. La distancia de eje á eje de las latas debe ser igual al largo de una rasilla, más la junta. Sobre este solado de rasillas se coloca el baldosado, pudiéndose substituir aquél por un tablado compacto.

En Madrid, para construir el forjado, se toma una cuerdecita de esparto muy delgada, llamada tomiza, que se va pasando de una á otra viga en toda su extensión, dando así medios de sostenimiento al forjado; las superficies interiores de las vigas se dejan ásperas y se rellena luego con cascote; mas el forjado que resulta, sobre ser muy pesado, no es completamente sólido y deja huecos.

También se ha usado el forjado llamado *puchero*, que se construye con objetos huecos de alfarería colocados unos al lado de los otros y unidos con yeso.

En Mallorca y en algunas comarcas de Cataluña se usa el forjado todo de yeso, sin nada de rasillas, para lo cual dan á las vigas la forma de un trapecio cuya base menor colocan arriba; forman después una especie de cimbra para que se sostenga momentáneamente el yeso; si no se quiere debilitar á las vigas conservándolas su sección rectangular, se ponen unas tablas laterales en cada

una de ellas, para que presten apoyo á las bovedillas.

En Bélgica se usa un forjado de bóvedas de rosca de ladrillo, y se ponen las vigas de modo que no descansen de plano (figs. 220 y 221) para que presten apoyo á las bovedillas; pero las vigas así dispuestas no tienen buen apoyo en los muros, por cuyo motivo se les ha dado una sección rectangular por abajo y angular por arriba.

También se les ha dado la forma indicada por la fig. 222, pero todos estos sistemas cargan mucho el techo.

Entramados de los pisos. Estos entramados son susceptibles de varias combinaciones, tales como: 1.ª vigas paralelas que apoyan en los muros ó distribuídas en espacios apoyando en tramos; 2.ª las principales piezas de madera pueden formar varios compartimientos ocupados por vigas y viguetas; 3.ª pueden combinarse las maderas por medio de tirantes.

Las figs. 223 y 224 representan varios medios de construcción de pisos ó entramados horizontales que descansan en muros, representándose en A un envigado comprendido entre tres entramados verticales y un muro M. La fig. 225 es una sección de las cuatro primeras vigas de este techo, viéndose en ella las proyecciones verticales de las dos porciones de los piederechos P de los entramados paralelos á las vigas *a*, la extremidad de la carrera H, de la solera S y de una pieza de relleno ó sobrecarrera T colocada para llenar el espacio correspondiente al grueso de las vigas del techo.

La fig. 226 es el corte de una parte del mismo techo según la línea *p q* del plano. Los tres entramados verticales que envuelven á este techo están ligados entre sí por dos escuadras de hierro que abrazan los cornifales Q, R, y con los muros N, O, por piezas de hierro.

La parte B de la fig. 223 es el plano de un techo comprendido entre cuatro muros y descansando en dos de ellos. La fig. 227 es una sección vertical de las cuatro primeras vigas *b'*, *b'*, *b'*, *b''*, de este techo, y del muro M paralelo á ellas. La fig. 228 es otra sección según *n q*.

En C se representa el plano de otro techo cuyas vigas descansan en dos carreras *d* recibidas en el muro á $^2/_3$ de su ancho. Las secciones de este techo están representadas en las figs. 229 y 230.

Las vigas *h* del techo D (fig. 224) estan colocadas sobre carreras *g g* sostenidas por unas piezas empotradas en el muro llamadas *canitillos*. La fig. 231 es una sección según *m q*, y la fig. 232 es otra sección según *o p*.

El techo E (fig. 224) está compuesto de las vigas llamadas *tabios i* que descansan en la fábrica; en estos tabios se ensambla la pieza *x* llamada *embrochado*, colocada con el objeto de dejar un espacio hueco en el techo, y en este embrochado apoyan las otras vigas *k k* llamadas *maderos cojos*, y al conjunto se le da el nombre de *embrochalado*. Las figs. 233 y 234 representan dos secciones por *m r* y *s p* de este techo.

Esta construcción da muy buenos resultados, y permite repartir la carga de los techos según convenga. La fig. 235 presenta el ejemplo de un techo circular en el cual los tabios ó vigas maestras *a*, *a*, *a*, *a*, están recibidos en el muro, y llevan los embrochados *b* colocados múy cerca de él, paralelamente á las cuerdas de las partes de la circunferencia interior comprendidas entre los tabios. Una de las extremidades de los embrochados *c* descansan en los tabios, y la otra extremidad en el muro. Estos embrochados sirven para sostener los maderos cojos y *cuartones a* de relleno, y la disposición en general permite que no haya carga ninguna del techo sobre los huecos del muro.

También puede construirse un techo, empleando solamente maderos cojos, como representa la fig. 236, en la cual éstos forman

ángulos iguales en sentido inverso con los muros y están ensamblados á caja y espiga entre sí dando á la profundidad de la caja y á la longitud de la espiga el tercio del ancho horizontal de las vigas para no debilitarlas tanto, en vez de los dos tercios que se acostumbra dar, y como no es posible afianzar con clavijas, se refuerza la junta por medio de pernos.

La fig. 237 representa la proyección horizontal de un techo compuesto de vigas que descansan en una cárdena central. En F las viguetas *a* descansan por un extremo sobre el entramado vertical M N que forma el extremo de un edificio, y por el otro sobre una cárdena *b* que apoya sus puntas en los entramados M R, N R; las viguetas *c* apoyan una punta en esta cárdena, y la otra en el muro divisorio Q R.

Siempre que una cárdena, como la *b*, deba apoyar en entramados verticales, sus *ocupaciones* ó *entregas* están en relacion como las de las vigas entre las carreras y las soleras correspondientes á su nivel horizontal, por cuyo motivo, los niveles de los dos entramados verticales que se unen son distintos, salvo en el caso en que los paramentos superiores de las vigas y de las cárdenas se hallen en un mismo plano.

Los piederechos que sostienen á las cárdenas deben tener una gran escuadría y deben estribarse bien con tornapuntas.

Para que la estabilidad de un entramado horizontal sea perfecta, se establecen tornapuntas en los ángulos, que ensamblan por un extremo en la sobrecarrera *e* y por el otro en la viga *a'*, reforzándolas con pernos que atraviesan al piederecho P. Los ángulos se completan por medio de viguetas *d* que van de muro á tornapuntas.

La fig. 239 representa un ensamble de vigas y cárdenas en el cual parte del grueso de ésta queda en el de las viguetas, pero lo que se ha quitado de la cárdena resulta en detrimento de ella misma, pues, precisamente donde importa no quitar madera es arriba. Para evitar este inconveniente, se ha ideado la combinación de la fig. 240, donde las cárdenas se dejan enteras y se las adosan dos tablones, uno en cada lado, atravesando el todo con pernos de hierro, y así se ofrecen dos resaltos para apoyar las vigas; pero este sistema es más dispendioso, da mayor ancho y quedan las juntas visibles, dando al propio tiempo más peso.

La disposición de la fig. 241 se adopta cuando el piso es de mucha altura y no perjudica la visualidad al buen efecto, apoyando simplemente entonces las vigas en las cárdenas y dividiendo la carga.

La fig. 238 presenta la proyección horizontal de un piso de tres tramos, en el cual en *f* las vigas apoyan en el muro por un extremo, y por el otro muerden la cárdena, como expresa la fig. 239. En *h* muerden la cárdena por un cabo y descansan por el otro en los salientes postizos de la segunda cárdena, coma indica la fig. 240. Por fin, en *l* y en *n* las puntas de las vigas ocupan casi todo el ancho de la cárdena ofreciendo un apoyo perfecto, indicado en proyección vertical por el corte *y z* (fig. 242).

Trabazón para chimeneas. Para preservar un piso entramado cualquiera de la acción del fuego de las chimeneas que les atraviesan, se dispone su armazón de modo que el emplazamiento de cada conducto se encuentre completamente libre, el cual se rellena con obra de fábrica. La fig. 223 presenta un ejemplo de esto, viéndose como se halla el techo interrumpido en A por medio de los embrochados *d* que sirven de apoyo á las vigas cojas *o*.

El entramado B ofrece dos casos de paso de chimeneas, de los cuales el uno es exactamente igual al anterior, y en el otro el tabio *e* es la misma viga coja del primero.

En el piso C el embrochado ya no lo forma la misma viga, sino que es una pieza es-

pecial *i* que apoya en dos tabios *e' e'* y que recibe á las vigas cojas *e e*.

En D (fig. 224) el entramado presenta la misma construcción para el caso en que apoya en carreras. Los tabios *h' h'* reciben los ensambles del embrochado *j* en el que apoyan las vigas cojas *h h h*.

La trabazón del piso E es semejante á la de los pisos C y D, así como también la de F y G (figs. 237 y 238).

A pesar de que no son los carpinteros los encargados de la construcción de los hogares, es indispensable que conozcan su construcción, para que, sea cual fuere la disposición del entramado, puedan disponer convenientemente las trabazones, para que los hogares presenten las garantías requeridas. Con este motivo se dan en las figuras que siguen los detalles de construcción de las trabazones y de los hogares que aquéllas soportan.

La fig. 243 es la proyección horizontal de la parte de un entramado horizontal con sus trabazones; la fig. 244 es un corte según P M de la planta, y la fig. 245 es otro corte según Q N.

El muro en el cual apoyan las maderas del piso y que lleva el hueco de la chimenea, está señalado por *o o* en las figs. 243 y 245.

a a, jambas de la chimenea; *b b*, jambas de otra chimenea; *c*, tubo de una chimenea del piso inferior que pasa al lado de la jamba de la derecha de la chimenea *b b*; *e e*, *d d*, tabios entregados en el muro O O; *f*, *g*, embrochados ensamblados en los tabios y que forman con éstos el marco de las chimeneas; *h h*, vigas cojas ensambladas en los embrochados, *i*, *i*, embrochados ensamblados en los tabios, cuyo objeto es sostener las vigas cojas *k k k*; *l*, viga que apoya en el muro O O. Los tabios deben tener una escuadría mayor que las de las demás vigas, por cargar en ellos, por medio de los embrochados, el peso de la parte de las vigas cojas y la del forjado correspondiente á las mismas.

Los embrochados se ensamblan á caja y espiga en los tabios, y van reforzados con hierros; pero en atención á cargar sobre ellos el forjado de las vigas cojas *h* y *k*, para asegurar sus ensambles y poder prevenir cualquier accidente, se les sostiene con estribos de hierro *m*, *n*, que les envuelven lateralmente por debajo.

En *p* se encuentran los hierros de apoyo del hogar, cuyos extremos forman abrazadera para cargar en los tabios. Estos hierros acostumbran á colocarse á un tercio de la profundidad del hogar, de modo que caben dos en este espacio. Siempre que la distancia entre tabios sea muy grande, como la expresada en *e e*, se coloca al nivel de los hierros de sostenimiento unas barras de sección cuadrada *s*, *s*, de 28 á 35 milímetros de lado, que se entregan en el muro por una punta, siendo aplanadas y acodadas dos veces por la otra para que descansen en el embrochado. También en los hogares de dimensiones corrientes, como á medida de precaución, se refuerzan con un barrote de éstos, como el *r*, y en las excepcionales con dos *s' s'*.

En *t* y en *u* de la fig. 244 está representado el forjado de las chimeneas, que acostumbra ser de argamasa ó de ladrillos juntados con yeso y colocados á sardinel; pero en este caso debe antes procederse al forjado del entramado general. En el caso contrario y con el fin de evitar los empujes de la chimenea en el embrochalado, se practica el forjado de ésta por medio de ladrillos colocados de plano, juntados igualmente con yeso; pero en este caso, se les debe sostener por medio de una rejilla compuesta de barrotes de hierro de 8 á 11 milímetros de grueso, como está expresado en *a* (fig. 243). En este caso, es imprescindible colocar un barrote de hierro á la distancia de un decímetro del embrochado *f* para poder sostener las puntas de los barrotes de la rejilla.

Los embrochalados no se utilizan sola-

mente para dar paso á las chimeneas, sí que también tienen otras aplicaciones. En el entramado D (fig. 224), las traviesas *a*, *a* apoyan por un extremo en las vigas *h''* y por el otro en los muros de división H, K, sirviendo de sostén á las vigas cojas *b* y á las alfagias *c*, cuya disposición se adopta cuando deban emplearse maderos cortos. En el entramado E, el embrochado *x* puede tener dos objetos: ó bien dar paso á un conducto cualquiera, ó impedir que las vigas *k''*, *k''*, carguen en el muro N sobre el dintel de una puerta ó ventana *u* del piso inferior.

ABERTURAS EN LOS PISOS. Estas aberturas permiten el paso de las escaleras que comunican á unos pisos con otros, ó el de los ascensores, ó el de la luz. El entramado B (figura 223) tiene practicada en un ángulo una abertura cuadrada para el emplazamiento de una caja de escalera igualmente cuadrada. En este caso, el piederecho P es el eje de dicha escalera, y las vigas cojas *b*, apoyan en el embrochado *g* que forma uno de los lados de la abertura, apoyado en el uno por un extremo y en el tabio *b''* por el otro.

En el entramado F (fig. 237), la caja de escalera es circular y está formada por la carrera *e*, el tabio *i*, la sobrecarrera *m* asentada en el muro Q R, el embrochado *p* que sostiene las vigas cojas *u*, *u*, y todo ello limitado por los maderos *z*, que son los que dan la forma redonda á la escalera.

En el entramado G (fig. 238) se encuentra un espacio rectangular hueco, que tanto puede servir para el paso de objetos, como de tragaluz, estando formado por los embrochados *d*, *d*, y los dos tabios *l'*, *l'*.

ENTRAMADOS Á LO SERLIO. Estos entramados son aquellos en los cuales las vigas principales ó cárdenas son todas cojas, es decir, que apoyan por un extremo en los muros y se sostienen mutuamente por el otro extremo, viniendo á ser simples embrochados las unas con relación á las otras. El objeto de estos techos es de cubrir espacios con vigas que no alcancen la longitud requerida.

La fig. 246 representa la planta de un entramado de esta especie, constituído por cuatro cárdenas *a*, *a*, *a*, *a*, que se ensamblan perpendicularmente unas á otras en el punto medio de su longitud; los cuatro huecos rectangulares que forman con los muros, se cubren con viguetas *b b*, colocadas paralelamente al espacio menor de una de las cárdenas. El espacio cuadrado del centro *c* se cubre con un entramado compuesto de cuatro vigas *d*, *d*, *d*, *d*, y de viguetas. Generalmente el entramado de estos techos se deja aparente por la parte del techo, por cuyo motivo se prepara convenientemente la madera, decorándola después. Las viguetas *g*,*g* indican la posición que también puede darse á las mismas, y la circunferencia de puntos, representa el mismo entramado en un espacio circular.

La fig. 247 es la planta de un entramado del mismo sistema establecido en un área circular, empleando tres cárdenas solamente, y por tanto el espacio central afectará la forma de un triángulo equilátero. La posición que da mayor solidez y economía al piso es la de viguetas paralelas al lado menor del ángulo formado por dos cárdenas, puesto que si se colocasen como las expresadas en *g*, *g*, habría muchos más ensambles.

La fig. 248 representa un entramado compuesto de 5 cárdenas, combinadas de modo que forman un pentágono regular en el centro.

Téngase en cuenta que á todas las maderas que constituyen esta clase de techos se les da mucha mayor altura que grueso para que puedan hacerse buenos ensambles, sin necesidad de tener que consolidarlos con hierros.

De este sistema de techos se ha hecho aplicación en grande escala en una de las

salas del palacio de recreo del rey de Holanda, sala que mide 19'50^{m} de largo, empleando vigas de 2'30^{m} de largo por 0'24^{m} de altura, estando combinadas de modo que ofrecen una gran solidez. Una parte de este techo está representado en la fig. 249, viéndose en la fig. 250 su sección vertical según M N. Para vigorizar este techo se puso un forjado de hierro y encima un doble entarimado, dando al conjunto la forma algún tanto cóncava, tanto para asegurar su estabilidad, como para evitar el mal efecto que presentaría una forma completamente plana.

El ensamble de las viguetas está expresado en las figs. 251 y 252.

El entramado de la fig. 253 tiene mucha analogía con el sistema de Serlio, en cuanto á la combinación de las vigas, pero se diferencia esencialmente de él por el modo como se le forja, como puede verse por las figuras 254, 255 y 256, que representan, la primera un corte por M P, la segunda un corte por R S, y la tercera un corte por T V. Este techo es cuadrado de 13'65^{m} de lado, y sus vigas maestras ó cárdenas están colocadas diagonalmente, formando entre sí cuadrados de 2'27^{m} de lado interior. La longitud de estas piezas es de 5'36^{m} y su escuadría de 0,325^{m} de ancho por 0'38^{m} de grueso vertical. Su combinación es idéntica á la ya descrita antes, y están ensambladas á media madera, de modo que una de ellas, la *a*, descansa por sus extremos en el centro de las piezas *b*, *b*, mientras que ella, á su vez, sostiene en su punto medio á las otras piezas *c*, *c*, y así siguiendo. El forjado está formado por viguetas de 0'135^{m} por 0'19^{m} de escuadría, colocadas de plano, y forman dos entarimados de juntas encontradas que se ensamblan en las cárdenas. La fig. 257 representa la junta F vista por debajo.

ENTRAMADOS DE COMPARTIMIENTOS. Este sistema estriba en que las vigas principales, por no tener la longitud suficiente, en vez de ser cojas apoyan en los muros convenientemente combinadas, para que formen, miradas por debajo, figuras simétricas de muy buen efecto.

La fig. 258 representa un entramado de los más sencillos, visto en sección vertical en la fig. 259, según el eje A B. En cada ángulo hay una pieza colocada diagonalmente en las cuales apoyan unos embrochados *b* paralelos á los muros, cuyo objeto es sostener las vigas gemelas *d*, *d*, *e*, *e*, que se cruzan á ángulo recto y se ensamblan á media madera en el centro del techo, reforzándose por medio de cuatro pernos. Los espacios se llenan con tornapuntas *g* y viguetas *h*, *f*. El piso está formado por tablas ensambladas á ranura y espigas longitudinales que van clavadas en las viguetas, representadas en la figura 259.

Esta clase de compartimientos pueden adaptarse á una forma oblonga, pudiéndose repetir varias veces en longitud, en espacios cuadrados limitados por carreras, ó en espacios ovalados ó circulares.

La fig. 260 es el plano de la mitad de otro entramado de compartimientos, en el cual las piezas *a* sirven, como en el anterior, para ligar el entramado en los muros. Los embrochados *b*, *c*, *d*, *e*, paralelos alternativamente á los muros y á los travesaños, presentan compartimientos de forma semejante, que decrecen proporcionalmente á medida que se aproximan al compartimiento central. Los huecos se llenan con vigas paralelas á los embrochados.

La fig. 261 es una sección por D E. En la construcción de este entramado, á todas las viguetas se les da la misma escuadría; pero el grueso de los embrochados va disminuyendo á medida que se aproximan al centro á causa de la mejor carga que deben recibir.

ENTRAMADOS POLIGONALES. En estos entramados los ejes de las piezas de madera marcan el dibujo del mismo, en donde las caras de estas piezas forman polígonos ge-

neralmente regulares y concéntricos, ya porque sus lados homólogos sean todos paralelos, ó ya porque los ángulos de los unos estén opuestos á los lados de los otros.

Para la fácil comprensión de estas dos combinaciones, se citarán dos ejemplos.

La fig. 262 es la planta de un piso octogonal representado en sección por la figuro 263, estando compuesto por una serie de soleras a, b, c, recibidas en un rediente de los muros. En cada uno de los cuatro ángulos hay una pieza $n\,o$ colocada diagonalmente, de longitud calculada, para que el perímetro general dé un octógono regular, y sirviendo éste de base se van inscribiendo otros polígonos semejantes $m'\,n'\,o'\,r'$, $m''\,n''\,o''\,r''$, $m'''\,n'''\,o'''\,r'''$, etc., cuyos lados están ensamblados en los puntos $n'\,n''\,n'''$, $o'\,o''\,o'''$ etc., habiéndose prolongado los lados de cada polígono de dos en dos por ambos extremos, como $m'\,n'$ en x', $m''\,n''$ en x'', $m'''\,n'''$ en x''', etcétera, $r'\,o'$ en y', $r''\,o''$, en y''. $r'''\,o'''$ en y''', hasta los lados $n\,o$, $n'\,o'$, $n''\,o''$ del polígono circunscrito para ligar todos los polígonos por medio de ensambles en los puntos x', x'', x''', y', y'', y'''. Siendo todos los polígonos semejantes, sus ángulos $n\,n'$, $n''\,n'''$, $o\,o'$, $o''\,o'''$, se encontrarán en los radios $c\,n$, $c\,o$. Si las distancias entre los perímetros de los polígonos fuesen iguales, los puntos x, x', x'', x''', y, y', y'', y''', se encontrarían sobre las $x\,z$, $y\,z$ paralelas á los radios $c\,n$, $c\,o$, terminando la combinación octogonal en el punto z, puesto que los lados homólogos de $m\,n$ y de $r\,o$ se unirían en el punto z para formar un cuadrado que sería demasiado grande para estar colocado en el centro del entramado; de modo que, para reducirle es preciso que las distancias de los lados de los polígonos vayan decreciendo siguiendo una ley regular, consiguiéndose esto llevando el punto z al punto v más cercano al centro y trazando las líneas $v\,x$, $v\,y$, sobre las cuales se colocan los puntos de ensamble de los polígonos entre sí, de modo que la disminución de tamaño de los polígonos resulte del cruce de sus lados con las líneas $c\,n$, $c\,o$ y $v\,x$, $v\,y$. Para la distribución se trazan sus lados en el orden siguiente: $m'\,x'$, $r'\,y'$; $n'\,o'$, $m''\,x''$, $m''\,y''$; $n''\,o''$; $m'''\,x'''$, $r'''\,y'''$; $n'''\,o'''$, y sucesivamente por los puntos en que los lados encuentran alternativamente las líneas $v\,x$, $v\,y$ y las líneas $c\,n$ y $c\,o$.

Una vez hecho el trazado, se marcan los gruesos de las viguetas y se refuerza el interior $t\,v\,s$.

Las viguetas se ensamblan entre sí á cola de milano sencillas, y su escuadría va decreciendo á medida que se aproximan al centro.

La construcción de un entramado poligonal de la segunda especie es mucho más sencilla.

Se compone (fig. 264) de una serie de soleras entregadas en los muros, con las que ensamblan cuatro piezas diagonales colocadas en los ángulos á distancias calculadas para que resulte un octógono regular. Se traza luego otro octógono regular inscrito al primero, pero cuyos ángulos se encuentren en la mitad de los lados del primero; á éste se inscribe otro cuyos lados son paralelos á los del primero; sigue á éste un cuarto polígono de lados paralelos á los del segundo, y así siguiendo hasta que ya no quede en el centro espacio suficiente para los ensambles. Como se ve, todos los polígonos impares tienen sus lados paralelos entre sí y los pares también. Los gruesos verticales de las maderas son todos iguales, y en cuanto á los horizontales van decreciendo á medida que se aproximan al centro. Todas las viguetas están ensambladas á caja y espiga, y están equilibradas por piezas x que las aprietan por ensamble de espigas muy cortas y cajas poco profundas. En los triángulos de las esquinas se colocan viguetas k perpendiculares á los cuatro lados del polígono. En el hueco del centro se coloca un anillo de donde salen 16 radios ensamblados

á caja y espiga en una piña central. Este anillo está representado en la fig. 266, y consta de dos gruesos de madera á junta plana, formados por piezas que se ensamblan á rayo de Júpiter y se refuerzan con pernos.

La fig. 264 representa en A la combinación de las tablas que forman el entarimado. En B y C se han trazado otros dos dibujos que forman compartimientos cuadrados forjados con tablas estrechas, cuyas juntas son paralelas á sus lados en la parte B y diagonales en la parte C.

Techos radiados. Estos están formados por vigas dispuestas en forma de radios que se reunen en el centro, ya cruzándose á me dia madera ó á una pieza de la misma forma que el recinto y que cobija las cabezas de las vigas; las viguetas se apoyan en las vigas y forman al rededor del centro varios polígonos, cuyo número de lados aumenta con la divergencia de los radios por requerir estos espacios mayores un mayor número de ellas.

Las dos mitades de la fig. 267 representan dos tipos de esta clase de techos vistos en planta, y la fig. 268 los representa en sección vertical. La parte D es octogonal y está compuesto de ocho vigas *a* ligeramente arqueadas, recibidas en los ángulos que forman los muros y que se reunen en el centro formando anillo. Cada una de estas vigas está compuesta de dos piezas juntadas una sobre otra por medio de una muesca reforzada con un perno. Estas ocho vigas sostienen las viguetas colocadas paralelamente á los muros, y forman ocho octógonos concéntricos en los cuales van clavadas las tablas que forman el piso. La fig. 269 representa una sección según *m n* de la planta, ó *m' p* de la sección vertical.

La parte E de la misma fig. 267 es el en tramado de un techo redondo, sostenido por 32 cuchillos, compuesto cada uno de ellos de una viga horizontal *o* y de un arco *k*, los cuales se juntan en los piederechos *h*, que descansan en una solera *g*, empotrados en el muro circular. Estos 32 cuchillos sostienen las viguetas *r* distribuídas en ochos octógonos concéntricos y equidistantes, en los cuales van clavadas las tablas del piso. La figura 270 representa un detalle del desarrollo del muro para que se vea la distribución de los piederechos, el modo cómo reciben los cuchillos, los plafones *y* que los separan y la solera *g*.

Apoyos aislados de madera. El empleo de éstos apoyos es frecuente en las comarcas en donde abunda la madera y también cuando se necesiten locales despejados. El nombre que toman estos apoyos es el de piederechos, y su forma en general, es la del tronco descortezado; sin embargo, también se le da la forma ligeramente cónica y también la de sección cuadrada.

Para esta clase de construcción la madera debe reunir las condiciones siguientes: 1.ª que sea muy resistente á la compresión; 2.ª que sea sana, para que no se descomponga y deje de prestar el apoyo que se desea; 3.ª que sea seca para que no haga movimientos; 4.ª que no tenga vicios; que no se hile ó raje; 6.ª que no tenga nudos que alteren su estructura é interrumpan sus fibras; 6.ª que no tenga grietas longitudinales, y si las tuviese transversales, que sean poco profundas.

Al calcular la sección transversal de un apoyo aislado, debe tenerse presente que al pasar de cierta longitud el piederecho no puede resistir á la compresión, de modo que á cada clase de madera debe dársele el grueso según su resistencia y longitud.

Para la disposición de los apoyos aislados, debe procurarse que la carga quede bien repartida; dar ancha base al cimiento, relacionándolo con la naturaleza del terreno; unir los cimientos de todos los soportes entre sí, para que no queden aislados; colocar el piederecho ó apoyo, no directamente en el ci-

miento, que podría pudrir su pie, además de que no descansarían bien todos sus puntos, por la desigualdad que ofrece la mampostería. La unión de estos soportes se hace á caja y espiga.

VIGAS REFORZADAS. Cuando una pieza de madera colocada horizontalmente recibe una carga, todas las fibras que ocupan su parte inferior experimentan una fuerte tracción en sentido de su longitud, mientras que las que se encuentran situadas en la parte superior, reciben un esfuerzo de contracción, también en sentido de su longitud, pero en sentido opuesto, y si la carga pasa del límite de peso que puede soportar una pieza, las fibras inferiores se rompen.

La fig. 271 representa una viga en la cual se han practicado cortes á un tercio de grueso y equidistantes entre sí, y en las cuales se han introducido á martillo unas cuñas de metal para que la madera diese la forma inferior cóncava, con lo cual se le aumenta su resistencia.

Basado en esto, se han imaginado tres métodos para aumentar la resistencia de las piezas de madera empleadas como vigas armadas en la carpintería, tales como; 1.° el de vigas sobrepuestas; 2.° el de vigas gemelas; 3.° el de vigas empalmadas.

La fig. 272 es la proyección vertical de una cárdena *d* reforzada con dos piezas formando *pares e e* que se apuntaban recíprocamente, colocándose en su junta una cuña de madera ó de hierro para impedir que las fibras de la una penetren en las de la otra. Los refuerzos *e*, *e* se afianzan con la cárdena por medio de abrazaderas de hierro y están ensambladas á ella por sus extremos á caja y espiga con esperas.

La fig. 273 es la proyección vertical de una cárdena *a* reforzada con tres piezas *b c b* y ensambladas entre sí á junta plana con espera.

Uno de los mejores sistemas es el de la figura 274, por emplearse piezas curvadas ya de sí y por no disminuir su espesor más que de la cantidad suficiente para formar la cremallera aparente de sus juntas, reforzándoselas también por medio de pernos.

La fig. 275 es una aplicación de este sistema con relación á dos piezas rectas *m*, *n*, sobrepuestas con el objeto de obtener mayor grueso, y por consiguiente, mayor fuerza. Ambas piezas están retenidas por dos filas de pernos, y sus uniones se consolidan con cuñas.

La fig. 276 es otra aplicación del mismo sistema, con la sola diferencia que el conjunto está formado por tres piezas con juntas aparentes.

Las uniones de los ensambles de las cárdenas se trazan siempre simétricamente y en sentido contrario á partir del centro, y están dispuestas de modo que la flexión de la viga tienda á apretar los derrames de la cara inferior de la pieza *a* con los de la cara superior de la pieza *b*, y los de la cara inferior de esta pieza con los de la cara superior de la pieza *c*; de modo que si las uniones están cortadas con precisión, ofrecen una gran resistencia al arqueado que la carga de la pieza podría motivar.

La fig. 277 representa tres piezas sobrepuestas, unidas por medio de juntas aparentes cuadradas, las cuales dan mejores resultados que las de cremalleras, siempre que se trate de evitar ó prevenir oscilaciones. Su labrado exige una precisión perfecta, y para que la presión de sus derrames sea enérgica, se les debe dar una ligera inclinación.

Algunos carpinteros creen dar mayor solidez á las vigas combinando los dos sistemas que se han explicado (fig. 278), pero lo que hacen es complicar el trazado, aumentando extraordinariamente las dificultades de ejecución y disminuyendo la solidez de las uniones, por cortar dos veces las fibras entre las esperas.

En la fig. 279, la viga recta *a* está reforzada por otra *b*, curva de por sí, y sus unio-

nes tienen la orma de cremallera, en cuyas esperas se colocan cuñas para consolidarlas mejor, así como también una serie de pernos que las atraviesan.

La fig. 280 representa la proyección vertical de una cárdena recta *m*, con un refuerzo *n* en su parte inferior, curvada al vapor y enderezada luego, reteniéndola con pernos y colocando cuñas en sus muescas. Se comprende las ventajas que presentará una viga semejante por la dificultad que presentan sus fibras á tomar la forma convexa debida á la carga que reciba.

Las figs. 281, 282 y 283 presentan tres casos de armaduras defectuosas. En la primera, la curvatura resultante de la carga puede motivar el desajustaje de las esperas, por hallarse los dientes en sentido inverso del que deberían tener. En la segunda, aparte de las dificultades de ejecución, la unión debe ejecutarse lateralmente, y como los ángulos son demasiado agudos, las fibras de la madera resultan cortadas dos veces en un mismo sentido, y por lo mismo no ofrecen solidez. En la tercera, las llaves de cola de milano *z* se pueden hender con la mayor facilidad, y entonces cesa completamente el aguante, y aunque fuesen de hierro sucedería también lo mismo, puesto que entonces serían las entalladuras las que saltarían.

La fig 284 representa una viga compuesta de dos piezas *a* y *b*, colocadas una sobre otra, unidas por pernos y cuyos dientes están formados por piezas *d* empotradas diagonalmente para que no impidan el resbalamiento debido á la carga. Estas piezas son cuadradas, y su escuadría es igual al tercio del ancho horizontal de las piezas, debiendo entrar á martillo en sus cajas correspondientes, para que la unión de las piezas *a* y *b* se haga con resistencia.

Siempre que las vigas sean arqueadas, como las *a*, *a* (fig. 278), se les añadirán los refuerzos postizos *z*, encima de cada extremidad, con el único objeto de que las viguetas *d* se hallen á un mismo nivel.

VIGAS ARMADAS CON REFUERZOS LATERALES. Las figs. 285, 286 y 287 representan las proyecciones de una viga formada por tres piezas juntadas lateralmente por medio de dientes simétricos, inclinadas en sentido de la altura, con el objeto de impedir la flexión de la viga central, para lo cual es conveniente también que esta pieza sobresalga un poco de las dos laterales. Al adoptar este sistema, debe forzosamente hacerse cargar las viguetas sobre esta pieza central para que dé resultados esta unión; mas si se quisiese hacerlas cargar sobre las piezas laterales, entonces sería preciso que el dentado se practicase en sentido inverso, en la proyección horizontal, para que los esfuerzos que éstas soportasen se comunicasen también á la pieza central.

Las figs. 288, 289 y 290 representan una viga armada, formada de dos partes gemelas *a*, *a*, de una pieza de madera aserrada, entre las cuales se ensamblan lateralmente otras dos á ranura y espiga, apoyando en dos cojinetes ó zapatas *d*, ensambladas á caja y espiga con espera. Las dos piezas en forma de pares afluyen á una especie de pendolón retenido entre las gemelas por un corte de cola de milano y reforzado con dos pernos. Estas dos gemelas representan dos tirantes, cuya fibras resisten muy bien á la tracción, mientras que la resistencia á la contracción la reciben del pendolón que por medio de los pares da los empujes á los cojinetes. La fig, 291 es una sección de esta viga, viéndose en ella las viguetas *m*, *m*, que sostiene el piso, y las puntas de las *n*, *n*, que sostienen el techo.

VIGAS COMPUESTAS. Estas vigas están formadas por varias piezas que no tienen ninguna de ellas la longitud suficiente para correrse de un muro á otro.

Dos vigas empalmadas por las puntas podrán presentar, como ya se sabe, mayor

resistencia á la tracción, mas no así á la flexión, en cuyo caso para que reciban cargas se las debe reforzar con piezas auxiliares, ó bien apoyarlas en algún soporte.

Las figs. 292 y 293 representan el ejemplo más sencillo que puede presentarse de esta clase de vigas compuestas. La parte principal, ó sea la mecha *a*, consta de dos piezas de longitud y escuadría iguales, empalmadas en el centro de la viga por medio de un rayo de Júpiter, para que resistan á la tracción que puedan recibir sus fibras por efecto de la carga del piso. Por bien ejecutada que esté esta junta, sólo se conseguirá la mitad de la resistencia que presentaría si fuese de una sola pieza; de modo que para dar á la viga la fuerza destruída por la junta, se le coloca debajo una *zapata b* ensamblada por dos redientes reforzados con cuñas de madera dura *e*. Con las piezas *a* se ensamblan también otras tres piezas *d*, *d*, *d*, empalmadas entre sí, que forman un refuerzo superior para que haya resistencia á la contracción ejercida sobre las fibras superiores de la viga. El objeto de los rayos de Júpiter no es otro que el ligar las tres partes que constituyen el refuerzo para que resistan á las oscilaciones verticales debidas á la elasticidad de la carga.

La fig. 294 es una proyección vertical de una de las vigas de la gran sala del palacio municipal de Amsterdam; la fig. 295 es su proyección horizontal, y la fig. 296 un corte perpendicular á las dos primeras proyecciones, según M. N. Esta viga está compuesta de otras cuatro parciales *m*, formadas cada una de ellas de dos piezas empalmadas á cola de milano. Estas cuatro piezas están reunidas y juntadas por medio de pernos verticales, y dos filas de pernos horizontales que las atraviesan perpendicularmente; las juntas verticales son dentadas; las colas de milano están simétricamente distribuídas entre las cuatro vigas parciales, de modo que una de las dos piezas que las constituyen tiene los dos tercios de la longitud del piso, y la otra tiene sólo un tercio. Las viguetas que constituyen el refuerzo tienen aproximadamente como longitud el ancho del piso, no debiendo coincidir las juntas en ningún punto de la longitud de la viga.

Las cuatro vigas parciales retienen á cuatro viguetas *o*, dos en cada extremo, á partir del punto medio de la longitud. Estas viguetas están empotradas por mitad é inclinadas en el grueso y ancho de la viga. Las colas de milano que forman los empalmes de las dos vigas parciales inferiores sólo deben resistir á un esfuerzo muy débil de tracción, en atención á que no se hallan en el punto medio de la longitud de la viga que es el punto máximo de dicho esfuerzo, además de que se hallan también consolidadas por debajo por hierros, y las colas de milano ocupan tan sólo la mitad del grueso horizontal de la viga.

La fig. 297 representa igual sección que en la fig. 296, sólo que en ésta se han añadido las secciones de los maderos laterales *r*, *r*, que sostienen las viguetas del piso, los cuales se fijan con pernos.

Las figs. 298, 299 y 300 son las proyecciones de una viga armada del palacio municipal de Maestricht, cuyo sistema de ensamble es parecido al anterior, con la diferencia de que las piezas que constituyen el refuerzo *p*, *p*, están alineadas á junta plana en *x*, en vez de estar ensambladas á cola de milano, llevando un solo par *q* en cada lado, empotrado en las vigas parciales y ensamblado por arriba y por debajo por medio de dientes que multiplican sus puntos de apoyo.

Al igual de la fig. 297, la fig. 301 muestra la posición de los maderos *z* de sostenimiento de las viguetas.

SUBSTITUCIÓN DE VIGAS ARMADAS POR CUCHILLOS. Muchos son los casos en que las armaduras se colocan sobre las vigas armadas, y entonces el conjunto viene á constituir una especie de cuchillos. Se sigue este mé-

todo siempre que se deban sostener techos ó artesonados. La fig. 302 es una armadura de esta clase que sostiene el techo de la sala llamada del Instituto en el Louvre; *a* es la viga armada; *b*, *b* son dos pares que apoyan en unas piezas *c* colocadas sobre la viga, y por la otra punta sostienen dos pendolones *d*, ligados por una pieza horizontal *e* que les conserva su posición y hace que resistan al esfuerzo de contracción. Los dos pendolones se mantienen verticales y están fijos en la viga que se encuentra como suspendida por los estribos de hierro *f*, *g* es una de las piezas laterales de la viga la cual recibe las viguetas *h* que sostienen el techo *i*.

También se pueden establecer techos de una gran extensión sostenidos por verdaderos cuchillos de muy poca altura, como expresan las figs. 303, 304, 305 y 306. Esta armadura consta: 1.° de un tirante *a* prolongado por sus extremos por medio de cruceros *b* ensamblados con él y que apoyan en los muros; 2.° de una viga superior *c*, paralela al tirante, compuesta de varias piezas empalmadas; 3.° de una serie de pilarejos *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, verticales y espaciados con igualdad, ensamblados con la viga superior á caja y espiga y con el tirante *a* del mismo modo ó á cola de milano en las piezas *b*; 4.° de dos prolongaciones *i*, *i*, en forma de pares, que aprisionan á los pilarejos *f*, *g*, *h*, por medio de entalladuras, que se ensamblan por la parte inferior con espera en las prolongaciones horizontales *b*, *b*, y á caja y espiga en los pilarejos de junta *c*, *d*, *e*; por la parte superior se ensamblan con espera en el centro del cuchillo, en los pendolones K, K, que cogen al tirante y á la viga superior entre ambos. Las líneas de puntos de la fig. 304 indican la posición de los pares *i*, *i*, suponiendo la sección en R.S.

Este sistema de viga armada ofrece una gran resistencia, puesto que el esfuerzo que tiende á doblarla se transporta á las extremidades de los pares.

TECHOS SIN VIGAS. Las figs. 307 y 308 representan la mitad de un techo de esta clase, formado por tres gruesos de tablas de abeto de 0'041^{m}, ensambladas en cada grueso á ranura y espiga y cruzándose entre sí; en el primero y segundo grueso las juntas son paralelas á las diagonales de la sala, y en la tercera *s* que forma el piso son paralelas á uno de los muros. Las tablas del segundo grueso se clavan en las del primero; los clavos se reparten á razón de dos por cada cuadrado formado por las proyecciones de las juntas de las tablas que se cruzan, y se colocan en los ángulos opuestos correspondientes á las diagonales paralelas á las tablas del tercer grueso; los clavos que unen á éste con los dos gruesos primeros se clavan en las otras diagonales de los mismos cuadrados perpendiculares á las primeras, de modo que los clavos que unen dos gruesos no coincidan con los que unen los otros dos gruesos. Las tablas de los tres gruesos, que se suponen ser de una sola pieza, se clavan en las cuatro ranuras de 0'122^{m}, labradas en línea recta en los cuatro lados de una serie de careras *d*, *d*, *d*, que forman el marco del piso y que descansan en el grueso de los muros. A este techo se le ha dado un arqueado de 2 milímetros por 0'325^{m}, lo que corresponde á una flecha de 0'068^{m}. La superficie tanto superior como inferior de este techo es del mismo género de la inferior del techo de la fig. 249.

ENTRELIGADO DE LAS VIGAS CON LOS MUROS. Por regla general, las puntas de las vigas se entregan en los muros á un tercio ó mitad del grueso de éstos, siempre que no pasen de 0'50^{m}, lo que da un descanso á la madera de 20 á 55 centímetros. Si los muros tienen mayor grueso y las vigas tienen mucha escuadría, basta dar de 32 á 33 centímetros de entrega; mas si los muros no llegan á 25 ó á 30 centímetros, es conveniente que el descanso ó entrega de las vigas sea de todo este grueso, disminuyéndose entonces el nú-

mero de entregas, para lo cual puede adoptarse la disposición E de la fig. 224, ó la R (figura 235) para no debilitar tanto los muros.

Siempre que el espesor de los muros lo permita, para la mayor solidez de la fábrica, es conveniente que las entregas de las vigas sean en esceso, que así el entreligado es mejor y son menores los efectos de la vibración; mientras que si las entregas son escasas, las puntas de las vigas obran como palancas y rompen sus ligados.

Cuando la obra no sea á propósito para recibir las vigas, se establece el techo sobre carreras, como en C (fig. 223), de lo cual resulta que las vibraciones de las vigas no pueden perjudicar de ningun modo al muro.

Si las vigas deben soportar mayor parte de la carga de un techo que la que soporta cada vigueta, la entrega de sus puntas deberá ser mayor, colocándose debajo de ellas porciones de carreras para que la carga se reparta en una extension mayor de muro que la que corresponde al ancho de la viga.

El modo como se entregan las maderas en los muros de obra de fábrica es un punto muy importante que debe atenderse para la solidez en los techos que sustentan. Se ha observado que las estremidades de las maderas recibidas en los muros se pudren, mientras que la parte que queda expuesta al aire se conserva indefinidamente, cuya observacion ha dado lugar á que las vigas se apoyen en carreras sostenidas fuera de los muros por medio de *canitillos* ó repisas de silleria ó de hierro.

La podredumbre de las puntas de las vigas se atribuye á la descomposicion que el mortero de cal verifica en la madera; sin embargo, tambien se han notado los mismos efectos en vigas entreligadas con arcilla y en las que descansan en seco en muros de silleria; de modo que debe atribuirse únicamente este defecto á la humedad absorbida por la madera y retenida en los espacios privados de aire. Varios son los medios que se han ensayado para corregirlo, y entre ellos el que ha dado mejores resultados es el dejar un espacio hueco que se rellena cuando la obra está completamente seca.

La costumbre que se tiene en el Norte de prolongar las vigas hasta el paramento exterior del edificio, particularmente en las Iglesias, es tambien muy buena, siempre que las cubiertas tengan suficiente vuelo para preservarlas de la lluvia.

Desde luego que un buen aislamiento de las vigas y la libre circulacion del aire á su alrededor son los medios de conservacion más eficaces.

Lo mejor tambien es hacer que las vigas descansen en unas piezas de silleria ó de hierro cuyas extremidades estén ligadas en la obra, y cuyo vuelo sea suficiente para recibir á las vigas, dejando entre éstas y el paramento interior un espacio de 2 á 3 centímetros. Entre cada repisa y la extremidad de la viga se coloca una plancha de plomo ó de cobre que impide el contacto inmediato de la piedra y de la madera, interceptando la humedad; ó bien se pueden colocar cuñas debajo de la viga para que circule el aire por debajo.

Si el decorado interior no permite el empleo de repisas, entonces se dejan unos huecos cuadrados en el muro, un poco mayores que la escuadria de las vigas.

Cuando la demolicion de una parte del castillo de La Roque d' Ondres, hace pocos años, se encontraron las extremidades de las vigas de roble perfectamente bien conservadas, advirtiendo que estaban allí hacia unos 600 años, debido á una envolvente de planchas de corcho que las aislaba de los muros, no cabiendo duda alguna de que esto es debido á la propiedad que tiene el corcho de ser impermeable.

En la mayoria de los casos las cabezas de las vigas se suelen pudrir, ó por vicios de las maderas, ó por no haber tenido tiempo de secarse, por cuanto les cuesta mucho des-

prenderse de sus jugos, ó por absorber la humedad del muro, como ya se ha dicho, ó por no haber nada que las aisle.

Debe tenerse presente que las vigas contribuyen en gran parte á la solidez del edificio por apoyar en ellas tabiques, y es fácil calcular lo que podria ocasionar una sola viga que se pudriese.

Debe dárseles por fuera una mano de brea ó alquitran á temperatura ordinaria, siempre que esté bien seca, puesto que si tuviese humedad, ésta quedaria encerrada dentro, lo que seria muy perjudicial. Sin embargo, por poco que se pueda, conviene que el alquitran esté hirviendo, que así la sávia saldria en parte hácia arriba y en parte se evaporaría, y la brea adherida impediría la absorcion de la humedad.

CAPÍTULO XV

ENTRAMADOS INCLINADOS Ó CUBIERTAS

Una cubierta es la parte más ó menos inclinada que cobija un edificio, y sirve para preservar los techos echando fuera de ella la lluvia, la nieve, el granizo que cae sobre ellos.

Las condiciones generales de toda cobija son: 1.ª solidez; 2.ª economía; 3.ª impermeabilidad; 4.ª duracion.

Hay una gran variedad de forma de cubiertas, debiéndose adoptar la más propia en cada casa, la cual depende siempre de la distribucion y forma del piso. La forma depende tambien del modo como están situados los muros, de su desagüe, del efecto que se trate de producir, etc.

En Barcelona, por el sistema de terrados, todo tiende á la horizontalidad, debido en gran parte al clima; no obstante, no dejan de construirse edificios tanto públicos como particulares con cubiertas más ó menos inclinadas. A veces se utiliza el espacio entre el techo del último piso y la cubierta para atenciones del servicio, lo que no tiene razon de ser en edificios públicos, á los cuales las cubiertas les dan una terminacion propia embelleciéndolos.

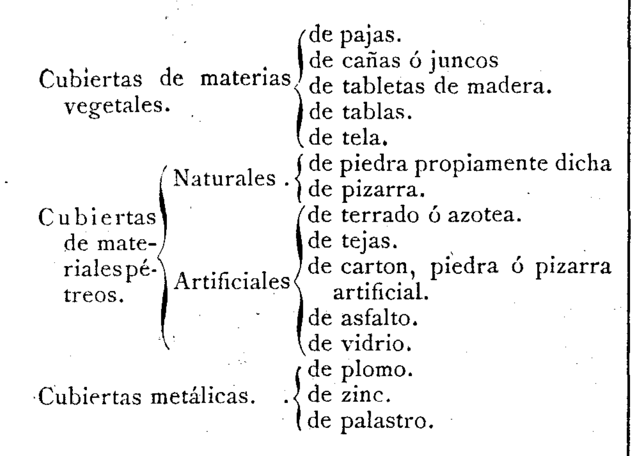
MATERIAL DE LA ENVOLVENTE DE LAS CUBIERTAS. La cubierta debe reunir ciertas condiciones indispensables que deben atenderse: 1.ª Resistencia; esta es una cualidad indispensable, puesto que, al elegir el material, debe saberse que la envolvente debe resistir á todas las influencias atmosféricas; por lo tanto, segun sea el material podrá durar más ó menos tiempo; 2.ª Ligereza; debe ser ligera, que así el armazon podrá ser más delgado y por lo mismo cargará menos en los muros; 3.ª Facilidad en el trabajo; es decir, que los materiales sean de fácil colocación; 4.ª Aspecto; como la envolvente debe dejarse vista, es preciso que los materiales que se empleen formen conjunto con el edificio, para que no destaquen ó desentonen ni poco ni mucho y tengan buena forma y color; 5.ª Economía; se entiende por economía no el emplear el material que cueste menos, sino aquel que, á igualdad de circunstancias, comparado con otro, sea más económico.

Tocante á la parte económica, deben agregarse los gastos de colocacion, reparación ó

conservacion, y como hay materiales que necesitan reparaciones más frecuentes que otras, sucede que, si bien de pronto cuestan menos, agregándoles los gastos de reparacion resultan más caros que otros.

Cuanta mayor sea la pendiente de una cubierta, menor puede ser el tamaño de las piezas que la constituyen, de modo que si es rebajada deben emplearse piezas mayores para que haya menos juntas.

Numenclatura de las cubiertas.



Cubiertas de materias vegetales.		de pajas.
		de cañas ó juncos
		de tabletas de madera.
		de tablas.
		de tela.
Cubiertas de materiales pétreos.	Naturales .	de piedra propiamente dicha
		de pizarra.
	Artificiales	de terrado ó azotea.
		de tejas.
		de carton, piedra ó pizarra artificial.
		de asfalto.
		de vidrio.
Cubiertas metálicas. .		de plomo.
		de zinc.
		de palastro.

Por este cuadro se observa que los envolventes de las cubiertas se dividen en tres grupos, que á su vez se subdividen en otras tantas clases, de las cuales se va á tratar en el trascurso de éste y los siguientes capítulos.

CUBIERTAS VEGETALES

CUBIERTAS DE PAJA. Estas cubiertas, como indica su nombre, están formadas por pajas, las cuales deben ser largas, rectas, sin quebrar y cortadas entre espiga y raiz. La que comunmente se emplea, y es la mejor, es la de centeno por ser larga y dura. El armazon sustentante generalmente suele ser de troncos de árboles sin descortezar ó maderos preparados (fig. 309); se colocan primeramente los troncos horizontales que constituyen las vigas, luego sobre estas se ponen las latas inclinadas, y luego tronquitos horizontales que traban el todo por medio de junquillos, uniéndose las latas en las vigas por medio de clavos.

La pendiente que se acostumbra dar á estas cubiertas es de 45°, porque si fuese menor, resbalando el agua suavemente por ella, podría atravesarla, no siéndole menos perjudicial el viento, que la levantaria.

Para la cobija se van formando con la paja haces pequeñas llamadas gavillas, que se igualan por un extremo y se sujetan fuertemente, igualándose despues el otro estremo, pero sin atarlo; se van juntando luego de dos en dos por los extremos atados, y se van colocando sobre el armazon por su órden, cobijándose ó solapándose las haces unas á otras, formándose en la parte superior dos gavillas que se cubren con arcilla; se deja despues durante unos dos ó tres meses para que con la accion del tiempo se comprima, y al cabo de este tiempo se retoca lo indispensable, peinándose todo por medio de una raspilla, recortando é igualando al mismo tiempo las pajas.

Como al cabo de cierto tiempo estas cubiertas se cubren de musgo que por su humedad pudre la paja, debe quitarse la capa superior que es la perjudicada, poniendo en su lugar paja buena.

Estas cubiertas, que se emplean mucho en rural, tienen las ventajas siguientes: 1.ª Tanto el frio como el calor no perjudican mucho el interior de las habitaciones; 2.ª El material que las constituye se encuentra siempre á mano en todos los paises; 3.ª Facilidad de empleo; 4.ª Ligereza; 5.ª Economia.

Tambien tienen sus inconvenientes, tales como la tendencia que tienen los pájaros en ir á ellas, y al arrastrar algo se llevan consigo la paja y la debilitan; permiten anidar en ellas á insectos perjudiciales y además facilitan los incendios.

CUBIERTAS DE CAÑAS Ó JUNCOS. Con estas cubiertas se procede exactamente como con las de paja, sólo que los troncos que

constituyen las correas, deben ponerse más próximos para que las cañas ó juncos no se escurran. Estas cubiertas cuestan más que las anteriores, y para su colocacion las cañas se ponen á dos gruesos, de los cuales el primero es longitudinal y el segundo transversal, uniéndoseles entre sí para mayor solidez.

Cubiertas de tabletas de madera. El uso de estas tabletas es muy antiguo, pues hace más de 500 años que ya se usaban en Roma.

Se sabe ya que los troncos cortados en sentido radiado son menos sensibles á las acciones de la sequedad y humedad, de modo que esta es la forma en que deben esportarse con este objeto. La clase de madera buena para el caso es la de encina, y á falta de ella, el haya, el castaño y el pino resinoso.

La forma que se usa es la rectangular, sejetándoselas por medio de un clavo (figura 310); mas como así es susceptible de bailotear, lo más comun es sujetarla con dos clavos. Puede adoptarse tambien la forma que indica la fig. 312, colocándoselas escalonadas. También se las hace terminar en punta, como en la figura 311.

Estas tabletas se colocan sobre un entramado, disponiéndose un sistema de latas horizontales, y procurando que de eje á eje de lata haya $^1/_3$ de la longitud de la tabla, para que al colocarse cada una de ellas sobre la lata, cubra los $^2/_3$ de la tableta que tiene debajo. La junta de union de las tabletas debe coincidir con el centro de la tableta inferior.

Para su construccion, se principia por la primera hilada de abajo, y se va asolapando de modo que haya siempre tres gruesos de tableta (fig. 312). La pendiente debe ser algo pronunciada dándosele por lo general 45°. Debe evitarse que sea el mismo clavo el que practique los agujeros en las tablas para que no se rajen; así, pues, éstos se practicaban antes. Las fibras deben ir en sentido longitudinal y no transversal.

Las ventajas de estas cubiertas es de ser más ligeras que las de pizarra y de teja, y ser más permanentes que éstas por ser más tenaces. Si son hechas con buena madera suelen durar bastante tiempo, y lo serán aún más si se les da una ó dos manos de pintura al óleo tanto exterior como interiormente.

Cubiertas de tablas.—En estas cubiertas las tablas se ponen con la longitud y ancho que tengan, empleándoselas en construcciones que no deban ser permanentes. Su elemento constitutivo es la tabla. Para su colocacion pueden seguirse dos sistemas: 1.° Poner las tablas en sentido de la máxima pendiente, ó de abajo arriba; 2.° Ponerlas horizontalmente. En cada uno de estos dos sistemas hay dos métodos para colocarlas.

Por el primer método del primer sistema, las tablas de abajo se colocan suficientemente espaciadas para que los dos lados de las tablas superiores, que tambien van espaciadas, descansen sobre las primeras (fig. 314); el segundo método del primer sistema (figura 313), consiste en poner todas las tablas al tope y cerrar todas las juntas por medio de listones. Tanto este como el otro sistema tienen el inconveniente de que, con las influencias de la humedad y sequedad, las juntas se abren pasando por ellas el agua; así es, que sólo se emplean en determinados casos.

El primer método del segundo sistema consiste (fig. 316) en apoyar las tablas sobre las maderas de máxima pendiente, solapándolas unas con otras, debiendo advertir que cuanta mayor sea la pendiente, solaparán menos, y cuanto menor sea aquélla deberán solapar más.

En el caso de que las tablas no alcancen de parte á parte de cubierta, se hace de modo que su union coincida sobre una de las vigas de pendiente, y para cerrarla se pone

un liston grueso de madera *f* que lleva todos los redientes que forman las tablas. El segundo método del segundo sistema es exactamente igual al anterior, sólo que las vigas que forman la pendiente, en vez de ser de caras planas, la cara superior forma el escalonado de las tablas (fig. 315). Este método es preferible por descansar las tablas en todo su ancho, y apoyando mejor dan más solidez.

CUBIERTAS DE TELA. Para construcciones provisionales convienen cubiertas de materiales ligeros y que presten impermeabilidad. La tela gruesa y resistente é impregnada de sustancias impermeables, tales como la brea, la pintura al óleo, etc., cumple muy bien con estas condiciones.

Es tanta su utilidad que hasta se han montado fábricas destinadas exclusivamente á su preparacion.

La colocacion se hace sobre un tablado continuo cuyas tablas dejan entre sí una ligera rendija para que al contraerse ó dilatarse no se levanten. Estas tablas se clavan al armazon procurando que las cabezas de los clavos no salgan sobre la superficie del tablado para que no rasguen la tela ni su oxidación la perjudique. La tela se coloca por hiladas horizontales, principiando por la primera que se sujeta por sus dos extremos; se pone luego la segunda hilada sobre la primera, se hace un dobladillo en ésta, el cual se clava en el tablado con tachuelas, luego se abre y se coloca esta segunda hilada, clavándose nuevamente la union de la primera y la segunda, y así siguiendo, de modo que presentan la forma de dos ganchos cogidos, sujetos todos en el tablado.

Algunas veces las juntas se hacen siguiendo la línea de máxima pendiente, es decir, que se unen dos trozos para componer una hilada, ejecutándose la union del mismo modo, sólo que en este caso, en vez de emplearse tachuelas se cosen.

La pendiente que se suele dar á estas cubiertas varia entre 20 y 25 grados para que rechacen bien el agua.

CUBIERTAS DE PIEDRAS NATURALES

CUBIERTAS DE PIEDRAS PROPIAMENTE DICHAS. Es sabido que los griegos en sus templos emplearon el mármol para la cubierta de ellos, dándole la forma de tejas. También los siguieron los romanos, empleando las de bronce. En la época romana, principalmente durante el período de Séneca, usaron una piedra calizada de donde procede el yeso, que tiene la estructura hojosa, transparente y brillante, y á las cubiertas que con ellas se hacian las llamaron de pavo real, á causa de la descomposición de la luz que se verificaba al chocar los rayos del sol en ellas.

Hoy dia aun puede echarse mano de la piedra natural; mas para ello es preciso que el material que se emplee tenga la forma plana y se deje cortar.

La pendiente de estas cubiertas suele ser suave, no pasando nunca de 28°, y su colocacion es por simple descanso de unas piezas sobre otras.

Las dimensiones son de 43 á 49 centímetros de lado, y su espesor de 10 á 12 milímetros, teniendo la forma cuadrada. Para colocarlas, su armazon debe ser vigoroso y la distancia de eje á eje de lata debe ser igual á la dimension de la piedra, menos la parte que solapa. Descansan por un extremo sobre la lata y el otro sobre la piedra que sigue.

CUBIERTAS DE PIZARRA. No se tiene noticia alguna de que se hubiese empleado la pizarra en la antigüedad para las cubiertas, tanto que la primera que se tiene de su empleo data del siglo XII, destinándola á edificios de poca importancia, y no se usó cortada en láminas sino en panes, por lo cual resultaban cubiertas muy pesadas.

La pizarra es susceptible de cortarse en trozos más ó menos grandes, y como éstos

resultan desiguales, la forma de cubierta más á propósito para ella es la cónica.

En el siglo XIII se sacó gran partido de ella por haberse observado que segun el sentido de las fibras en que se la colocaba, ya longitudinal, transversal ó diagonalmente, presentaba diferentes aspectos por su sensibilidad á la luz; así es que se generalizó tanto, que llegó á tener mucha influencia en las construcciones.

La pizarra exigió que las cubiertas fuesen levantadas, por esto se ve el gran peralto de las cubiertas de aquel tiempo. En el siglo XIV se empleó tambien, no tan sólo para cubiertas, sí que tambien en los piéderechos, formando con ellas un arco escamado.

En España se tienen comarcas enteras en las cuales no se usa otro material que la pizarra para cubiertas, y aun monumentos notables, como el Escorial, que tiene las cubiertas de pizarra en perfecta conservacion, prueba evidente de que es un material muy útil.

La pizarra permite dejarse subdividir en láminas, por cuyo motivo se la utiliza, no tan sólo para cubiertas, sí que tambien para solados ó baldosados y para construcciones si se la pone en masas.

Las cualidades que tiene la pizarra son las siguientes: resistencia, ligereza, facilidad de trabajo, aspecto y economia.

Resistencia de las pizarras. Al emplear la pizarra debe buscarse la que sea más homogénea en color, que por el mero hecho de ser así será más compacta, desechándose siempre las que contengan piritas por ser más propensas á la descomposicion; y entre éstas, á aquellas cuyas piritas sean amarillentas ó blancas, que son las más malas.

La estructura del material de la pizarra no debe ser absorbente ó esponjosa, lo cual se comprueba introduciéndola en agua, y si absorbe más de un 50 p.° /₀ de ella, se considerará como mala.

Como el distintivo de la pizarra, además de su color, es la forma estriada que presenta, que es por donde se rompe más fácilmente, al colocarla se hará de modo que sus estrias sigan la línea de máxima pendiente, puesto que si sus fibras se encuentran transversalmente, al romperse, el trozo inferior que se desprende de ella dejará de cobijar á la pieza de debajo, sucediendo lo mismo si las fibras siguen la direccion diagonal.

El razonamiento es otra de las cualidades que debe atenderse en las pizarras, puesto que si no es de consistencia dura se gastará con más prontitud, aparte de la resistencia que presentará al viento al tratar de levantarla, y por lo mismo no habrá tanta propension á los choques de unas con otras, y no peligrará tanto la rotura por sus puntos de union.

La tenacidad y la elasticidad pertenecen tambien á la resistencia, puesto que como sufren mucho con el transporte, si no son tenaces y elásticas, se romperán más fácilmente y no podrán resistir tampoco los movimientos de la trabazon.

La pizarra debe resistir al choque de los huracanes, del granizo, al peso y movimiento de las escaleras que se colocan encima de los empizarrados, etc.

Se la encuentra en posicion más ó menos inclinada en las canteras, presentando á veces ciertas ondulaciones, que se aprovechan para ciertas partes de las cubiertas. Su tamaño varia mucho, el cual depende de la naturaleza de las canteras.

Las pizarras no deben emplearse en las construcciones ni de tamaños muy grandes ni muy pequeños. Es un material que no resiste á la accion de un fuego vivo; mas no sucede lo mismo con un fuego moderado, puesto que con él endurece.

Sucede á veces en los empizarrados que se rompen muchas pizarras sin que pueda comprenderse cuál es la causa de ello; sin embargo, ello es debido á los cambios bruscos

de temperatura, debiendo advertirse que se rompen con mucha más facilidad cuando está mojada que cuando seca. La accion del viento tambien los perjudica mucho, por lo tanto su construccion debe ser esmerada, para que no se rompan por su punto más debil, como es el de su clavado, ó para que no arranquen los clavos que las sujetan, ó hagan saltar sus cabezas, ó agranden los agujeros que llevan; por lo tanto debe darse á estas cubiertas una pendiente muy pronunciada, capaz de vencer esta accion, que al mismo tiempo evitan las filtraciones del agua motivada ya por el empuje del viento, ó ya por la capilaridad ocasionada por el polvillo que se va depositando en sus juntas.

De lo dicho se desprende que los clavos que se empleen para su clavado deben ser de un material que no se oxide fácilmente; así, por ejemplo, el hierro no es á propósito para el caso, puesto que al oxidarse aumenta de volúmen y puede ocasionar la rotura de las pizarras. El empleo del cobre es muy conveniente, tanto por ser menos oxidable como porque al alcanzar su oxidacion cierto límite se estaciona, mas lo que se gana por un lado se pierde por otro, por ser un material más caro. Tambien podria usarse el zinc, que apenas se oxida; pero éste tiene el inconveniente de ser poco rígido y no poder resistir los movimientos de la pizarra. Si bien la oxidacion del hierro es muy perjudicial, sin embargo, como aumenta de volúmen, adhiere ó retiene bastante bien.

De los experimentos debidos á Blavier se desprende, que la resistencia de la pizarra ó la rotura aumenta á proporcion muchísimo más que su grueso.

La placa	de pizarra	de 0'001^{m}	grueso	necesita	para romperse	8	kgr.
»	»	0'002	»	»	»	35	»
»	»	0'003	»	»	»	50	»
»	»	0'004	»	»	»	90	»
»	»	0'005	«	»	»	120	»
»	»	0'006	»	»	»	150	»
»	»	0'007	»	»	»	175	»

LIGEREZA DE LA PIZARRA. La misma estructura de la pizarra que permite dividirla en placas muy delgadas, ya da á comprender que debe ser ligera, y por los experimentos que se han hecho se ha visto que una cubierta semejante pesa una cuarta parte de una cubierta de tejas planas. Es económica en la envolvente; económica en la armadura y de muy fácil transporte, cogiendo un vagon unos 400 metros cuadrados de empizarrado; además de que para subirla al armazon necesita poco esfuerzo y poco tiempo.

ECONOMÍA DE LAS PIZARRAS. El precio del metro cuadrado de pizarra es casi igual al de su colocacion y la mitad de lo que cuesta una cubierta metálica. En cuanto á la mano de obra, es más cara en éstas que en las de zinc y en las de tejas planas. En reparaciones es mayor la de zinc, algo menor la de tejas planas y menor aun en las de pizarra. El zinc viejo paga $^{1}/_{3}$ del nuevo, la teja vieja vale la mitad de la nueva y la pizarra vieja no vale nada. De todo lo dicho resulta, que tanto las cubiertas de zinc, como las de tejas planas, como las de pizarra, pueden considerarse iguales bajo el punto de vista de la economia, porque la que tiene ventaja en una cosa tiene desventaja en otra.

A las pizarras se las da varias formas con el fin de que produzcan buen efecto, y las más comunes son las siguientes: en la figura 310 la pizarra es rectangular, sin corte ninguno; en la fig. 317 se achaflanan los ángulos superiores que no quedan vistos; en la figura 311 la forma es á ángulo para que

ofrezca mejor desagüe; en la fig. 312 tiene la forma de semicircuferencia por debajo; tambien se le puede dar la forma de ojiva y otras formas caprichosas. El achaflanado de la fig. 317 se hace con el fin de que al chocar el viento con ellas y moverlas no las rompa por sus puntos de union, que son los más débiles.

El espesor que se acostumbra á dar á las pizarras es de 0'03^{m}, siendo su peso por metro cuadrado de unos 38 kilógramos. Su inclinacion varia entre 33 y 45 grados.

COLOCACION DE LAS PIZARRAS. Para que la pizarra no pueda resbalar, necesita cierta trabazon que se hace sobre séries de latas colocadas horizontalmente, y dejando de eje á eje de ellas $^{1}/_{3}$ de la longitud de la pizarra. Si la madera abunda en la localidad puede ponerse un tablado continuo sobre del enlatado. Las pizarras se colocan de modo que cada una cubra $^{1}/_{3}$ de la siguiente, como indica la fig. 318, debiendo observarse que, tanto en el caso de usar latas como tablado continuo nunca deben ponerse las maderas siguiendo la línea de máxima pendiente, por que, como cada lata de por sí hace movimientos independientemente de las otras, podria suceder que por esta misma desigualdad se ejerciera algun empuje á las pizarras y se quebrasen, por tener un clavo en una lata y otro clavo en la lata contigua.

La construccion de esta cubierta se principia por abajo, motivándolo el mismo solapado.

Como hay pizarras, aun las procedentes de una misma cantera, que son más fuertes unas que otras, deben clasificarse forzosamente, y entonces se colocarán las más fuertes en la parte baja y las que lo son menos arriba, por acudir allí mayor cantidad de agua, primeramente la que cae directamente sobre ellas, y en segundo lugar la que resbala de la parte alta.

Tambien puede suceder que no todas las pizarras sean bien planas, de modo que todas aquellas que presentan formas más ó menos arqueadas, se pondrán en puntos convenientes de la cubierta, bien sea para los empalmes, si los hay, ó ya para ciertas partes alabeadas.

Tampoco se presentan todas del mismo tamaño; así pues, si son grandes, el brazo de palanca será más largo y la acción del viento será tambien más sensible: en este caso, los clavos ya no se ponen arriba sino en el punto de relacion con las otras pizarras.

Las figs. 319, 320, 321, 322 y 323 representan otras varias formas y disposiciones de pizarras; la fig. 319 representa la pizarra llamada *cuadrada;* la fig. 320, la llamada *pequeña;* la fig. 321, la *redonda;* la fig. 322, la *escama redonda;* la fig. 322, la *escama ojival,* y la fig. 323, la *pizarra recortada.*

Para la colocacion de las pizarras, *sistema inglés* (fig. 324 y 325), se achaflanan las tablas, á las que se da 0'08^{m} de ancho por 0'02^{m}de grueso para los números 1, 2 y 3; 0'015^{m} para los números 4 y 6; 0'02^{m} á 0'01^{m} para los últimos números.

En 1861, un constructor de Burdeos, M. Hugla, ideó un sistema para sostener las pizarras que ha tenido mucha aceptacion, y por medio del cual ya no se clavan las pizarras, sino que se fijan por medio de ganchos de metal inoxidable, formados por una espiga que sigue la direccion de la pendiente y que se sujetan en las latas. Las figs. 326 y 327 son un ejemplo de este sistema, empleando latas de madera, y las figs. 328 y 329, le representan empleando latas de hierro. Las figs. 330 y 331 ofrecen una disposicion en la cual se han suprimido las latas, cuyo sistema presenta la gran ventaja, además de la supresion de las latas, de poder colocar las pizarras en sentido transversal, dando mayor superficie vista; mas en este caso, debe ensancharse la parte curva del gancho inferior para que su cara de presion aumente. Esta disposicion, por demás eco-

nómica, la representan las figs. 332 y 333, empleándosela mucho en los tinglados y en las fábricas en donde se necesite ventilacion.

Si se desea que estas grapas ó ganchos contribuyan á decorar la cubierta, se las puede dar varias formas más ó menos caprichosas, como espresan las figs. 334, 335, 336, 337, 338 y 339.

Cubiertas de piedras planas. Las cubiertas de tejas de marmol y de piedra que se empleaban antiguamente, ya no están en uso hoy dia; lo que se practica en muchas comarcas es arrancar las piedras planas de las canteras que se endurecen á medida que se secan, dándoseles impropiamente el nombre de *lavas*. Su empleo esclusivo es en cubiertas de muy poca pendiente, colocándolas cuidadosamente sin trabazon alguna de modo que se sostengan por su propio peso. Se las corta en cuadros iguales de 0'43^{m} á 0'49^{m} de lado, dándoles un grueso uniforme de 0'011^{m} á 0'027^{m} segun su clase. Se las coloca sobre un enlatado resistente de roble. Su separacion se calcula de modo que la parte superior descanse en la lata y la inferior cubra á la pieza siguiente, tal como se practica con las tejas. Se las puede colocar tambien diagonalmente sobre latas cuya separacion es igual á la mitad de su diagonal menos el ancho de la parte cubierta.

Para las cubiertas rústicas se las emplea sin tallar, y en este caso se las coloca por filas de un mismo grueso.

CUBIERTAS ARTIFICIALES

Cubiertas de terrado. Para servirse de estas cubiertas se nesesitan climas en donde no sean frecuentes las lluvias. Necesitan una base quebrantada, bien al contrario de las otras, que sobresalen algo de los muros. Cuando el armazon de la cubierta de un terrrado descansa simplemente en los muros, por sus movimientos agrietan el pavimento, lo cual deben prevenirse para evitar los daños que semejante construccion acarrea.

Estas cubiertas tienen dos fines: 1.° desalojar las aguas pluviales; 2.° permitir el tránsito por ellas, por cuyo motivo sus pendientes deben ser suaves, aparte de que por el moho que se forma en ellas, ocasionarian resbalamientos á las personas que transitaran por ellas. La pendiente que se les acostumbra á dar es de un 3 p. %, llegando en algunos casos al 6 que es el límite.

Las superficies de los terrados no son planas sino alabeadas, como se verá más adelante.

En las cubiertas de terrado pueden ocurrir dos casos: 1.° que las vigas puedan colocarse de pared á pared; 2.° que las vigas sean cortas y haya necesidad de poner cuchillos ó armaduras. En edificios particulares lo comun es que no se necesiten cuchillos por no esceder en general los tramos de 6 metros.

Cubiertas de terrado sin armaduras. Si para las vigas de estas cubiertas se emplea la madera, deben destinarse para ello las de mejor clase, esto es, la madera del Pirineo, y aun de éstas, aquellas que presentan mayor dimension y sean de mejor calidad; esto es, las más vigorosas, porque las vigas de las cubiertas de terrado son las que sufren más, ya por los efectos de la humedad, como por el sol, el viento, etc., y entre las más vigorosas deben preferirse las más ligeras.

A veces estas vigas son iguales en dimensiones á las de los pisos, y entonces no se espacian tanto unas de otras.

Para auxiliarlas, en aquellos casos en que haya techo constituyendo desvan *(sostre mort)*, este espacio perdido obliga á que el edificio se construya de modo que las vigas del piso coincidan con las del terrado, solapándolas con piezas de madera para que se hagan más solidarias unas de otras, que así darán tambien menos flexion.

Debe procurarse que las vigas primera y última no toquen al muro y guarden con éstos la misma distancia que entre vigas.

Las vigas de los terrados se colocan como las de los pisos, es decir, normales á los muros si el espacio es rectangular, y radiadas si no lo es.

Antes de poner las vigas de toda cubierta de terrado, deben calcularse las pendientes tanto para el desagüe, como para el tránsito de las personas, como para el buen efecto y para que cobijen bien.

Al disponer una cubierta, deben calcularse muy bien las pendientes, y una vez colocadas las vigas se procede á su entreligado, para dominar los movimientos horizontales, procediéndose luego al enlatado, que consiste en clavar latas sobre las vigas, cuidando de que no sean muy anchas para que no se abarquillen á causa de la humedad y sequedad. Generalmente estas latas tienen 0'08^{m} por 0'05^{m} de grueso, y la distancia entre lata y lata desde su centro es de 1 $^{1}/_{2}$ palmos catalanes, esto es, el largo de la rasilla más 1 ó 2 centímetros para las juntas de mortero. Conviene clavar las latas con puntas y no con clavos, porque teniendo éstos la sección desigual, por poco que salieran de su agujero dejarian de sujetar la union; no así las puntas, que no es fácil se desclaven, y aun hay quien, para asegurarlas aun mas, las moja con agua y vinagre para que se oxiden con lo cual, al cabo de un cierto tiempo, no hay tenazas que las desclaven. La longitud de estas puntas debe ser cuando menos el doble del grueso de la lata. La union de unas latas con otras debe coincidir sobre las vigas, y su apoyo en los muros debe ser de unos 6 centímetros. Estas latas es conveniente estén recien cortadas, á causa de que sufriendo siempre los costeros un principio de descomposición, perjudicarian mucho la junta; mas en caso contrario, debe quitarse á las maderas la capa negruzca que las envuelve.

El servicio que desempeña el enlatado es suministrar apoyo á las rasillas que se colocan encima que es su fin directo; luego, produce un emparrillado que traba algun tanto las vigas, aislando al propio tiempo las vigas del contacto del pavimento del terrado.

Si este pavimento se pusiese directamente sobre las vigas, sucederia, que, sufriendo aquél los efectos de la humedad y sequedad, las comunicaria á éstas, ocasionándoles un daño, lo que no sucede con el enlatado, por quedar siempre al rededor de las vigas un espacio por donde circula el aire, que contrarresta los efectos de la cubierta.

CUBIERTAS DE TERRADO CON ARMADURAS. Si se ha de cubrir un espacio considerable y no se tienen vigas del largo suficiente, debe dividirse éste en tramos, colocando cuchillos de armadura en cada uno de ellos; mas estos cuchillos tienen el inconveniente que, por su poca pendiente, los pares forman un ángulo demasiado abierto para la perfecta solidez, y aunque se le ponga tirante, como el triángulo es muy rebajado, no permite poner puente ni tornapuntas; además de que un tirante tan largo sin ninguna trabazon es fácil se curvara por su propio peso, de modo que, para corregir todos estos inconvenientes, se coloca un pendolon que baja más que el tirante ó que la línea de los arranques, y un segundo tirante de hierro compuesto de dos partes que se reunen en la punta inferior del pendolon, sujetas con un tornillo, una de cuyas partes lleva una horquilla y la otra un anillo y pasador, consiguiéndose con todo ello peraltar la forma.

CUBIERTAS DE TEJAS

Las tejas son piezas de arcilla cocida muy resistente y de diversidad de forma y colores que han prestado y prestan gran utilidad en las construcciones.

Las cualidades que reunen la teja son las

siguientes: 1.ª gran resistencia despues de su cochura, debida á la clase de arcilla que se emplee; 2.ª dureza, que es la parte integrante de la resistencia; 3.ª facilidad de adquisicion: 4.ª facilidad en darle la forma que se desee; 5.ª su color claro. El único inconveniente que tiene la teja es su gran peso, que obliga á construir armazones muy resistentes.

Las tejas se dividen en antiguas y modernas, subdividiéndose las primeras á su vez en griegas ó romanas, huecas largas y planas.

TEJAS ANTIGUAS. Las ventajas que tienen las tejas antiguas sobre las modernas son: 1.ª gran rapidez de fabricacion por hacerse á mano y casi sin preparacion alguna; 2.ª dejarse cortar con facilidad; 3.ª sencillez de forma.

Las tejas griegas tienen dos formas (figura 340), constituyendo la una la *cobija,* y la otra la *canal,* que lleva unos rebordes laterales para que el agua no rebose. Esta tiene la forma trapezoidal y la cobija la semicircular, llamándose antiguamente á la primera *tegule irabricatæ,* y *tegule hamatæ* á la segunda; mas hoy dia se las llama simplemente *tegole* y *canali.* Sus dimensiones son de 24 á 30 centímetros de largo por 23 á 27 de ancho.

Estas cubiertas no pueden tener mucha pendiente por descansar las tejas por su propio peso, así es que se les da el 25 p. %.

Modernamente se disponen como en la figura 341, es decir, que la canal y la cobija tienen la misma forma, ofreciendo la ventaja de no necesitarse más que una forma única, si bien no presentan tan buen efecto como la de cobija de seccion semicircular.

Otra forma es la representada en la figura 342, en donde la canal es de base plana y lleva dos aletas laterales en forma de cuadrantes de círculo, y la cobija es de seccion semicircular. Una variante de esta teja es la de la fig. 343, cuya canal es tambien plana con aletas rectas á 135 grados, y la cobija es angular de 90 grados.

En las cubiertas hay tambien piezas complementarias como las *antefisas* (fig. 344), que se ponian antiguamente en la extremidad inferior de cada fila de las tejas ensilladas ó cobijas, llamándoselas tambien *bocatejas.*

Los medios de sujecion de tejas planas se practicaba por medio de un rediente colocado en su parte alta y que cogía todo el ancho de la teja; mas como por la accion del viento se salian de su apoyo, se construyeron despues con un simple corchete en su parte media superior (fig. 345), con un agujero en cada lado para unirlas á las latas por medio de clavos (fig. 346); de este modo el corchete sostenia ó prestaba apoyo solamente mientras que los clavos retenian.

Sin embargo, eran muchas las tejas que se rompian por la oxidación de los clavos, y para evitarlo se hicieron los agujeros algo grandes, de seccion cónica y cuya base mayor tocaba á las latas.

De estas tejas salen muchas de ellas bastante deformadas, ya en sentido cóncavo ó ya convexo, ó plano convexas en sentido transversal ó longitudinal, por cuyo motivo se emplean muy poco.

TEJAS HUECAS. El empléo de estas tejas es muy general en España, existiendo tanto en Barcelona como en Valencia un sinnúmero de fábricas especiales que las construyen. En Madrid, la teja que generalmente se usa es la de canal (fig. 347). Estas tejas puede decirse que no tienen medio alguno de sujecion, sosteniéndose por su propio peso, y cuya pendiente no debe exceder de 26 á 30 grados. La forma es cónica y de seccion semicircular.

Estas tejas no se construyen como las planas, es decir, sobre el suelo, sino sobre una mesa y por medio de un molde, debiendo ser dos los constructores: el que llena el molde con pasta, aplanándola luego,

resultando una forma trapezoidal plana, y el peon que la pone sobre una forma llamada *galápago*, resultando la teja ya construida. Al cabo de un rato se quita éste, y cuando la teja ha secado bastante se mete en el horno. Antes de poner la pasta en el molde se pone arena fina en éste para que no adhiera, resultando que la parte interior de la teja queda áspera, y como las canales de una cubierta son las que quedan vistas, y precisamente por ellas es por dónde pasa el agua de lluvia, no ofrecen el resbalamiento que darian si su superficie fuese bien lisa, como tienen las cobijas, que es el inconveniente que presentan; pero á pesar de esto, como son muy económicas, su empleo es muy frecuente.

Sus dimensiones acostumbran ser de 0'26^{m} de largo por 0'13^{m} de ancho y 0'01^{m} á 0'03^{m} de grueso.

La forma general es la de un arco rebajado correspondiente á 150 grados.

En Andalucia tambien se usa mucho esta clase de tejas, con la sola diferencia que son más huecas.

En Burdeos se emplea una teja compuesta de dos elementos planos unidos por uno curvo (fig. 348); sus alas tienen 0'16^{m} de ancho en un extremo, y 0'11^{m} en el otro.

Las tejas comunes de canal pueden colocarse sobre armazones preparados de tres modos distintos: 1.° Sobre latas orizontales, en cuyo caso se destinan dos latas para cada teja; 2.° Sobre un tablado de madera, y 3.° Sobre latas verticales, que entonces cada fila de canales está sostenida por dos latas (figura 349).

TEJAS FLAMENCAS Ú HOLANDESAS. Esta clase de tejas están curvadas en sentido inverso por sus dos bordes; la fig. 350 da dos modelos distintos: el modelo *a* se emplea en pendientes suaves; el modelo *b* lleva un boton *x* que las sujeta á las latas para que no resbalen.

Cuando estas tejas flamencas tienen poca curvatura, como las de la fig. 351, se las debe sostener por debajo con listones clavados en el tablado; no obstante, esta clase no se emplea mucho por dejar pasar el agua por sus juntas.

TEJAS CON REBORDES. En éstas la canal y la cobija se hallan en una misma pieza (figuras 352 y 353), pero tienen el inconveniente de dejar pasar el agua. En el sistema romboidal (figs. 354 y 355) las tejas están colocadas de modo que sus lados están colocados diagonalmente, llevando cada una de ellas un reborde en dos lados contiguos de una cara y otro reborde en los otros dos lados contiguos de la otra cara. En la cumbrera ó caballete se pone una fila de tejas huecas como las de la fig. 347, ó de modelos especiales cuyas alas cubran la union de las dos pendientes.

Otro tipo de tejas está tambien representado en la fig. 356, pero no da muy buenos resultados.

Para completar esta ligera reseña de las tejas, bastará citar simplemente entre las varias formas de las tejas modernas las rectangulares de junta vertical continua (figs. 357, 358, 359 y 360); las flamencas (figs. 361, 362, 363 y 364); las rectangulares de junta vertical intermitente (figs. 365 y 366); las romboidales regulares (figs. 367 y 368); las romboidales irregulares (figs. 369 y 370); la figura 371, que es una modificacion de la figura 365; la fig. 372, que es otra modificacion de la fig. 367, y otras. Además, como á tipos ornamentales pueden citarse los modelos (figuras 373, 374, 375, 376, 377 y 378).

CUBIERTAS DE CARTON PIEDRA

En los paises del Norte se emplea cierto carton convenientemente preparado para las construcciones, que es un compuesto de creta pulverizada mezclada con pasta de papel que tenga bastante cola. Impregnándola con una sustancia oleosa resultan impermeables.

Se le coloca en la cubierta sobre un tablado continuo cuyas tablas no se toquen, sino que se deja un espacio entre ellas para que puedan dilatarse, y se va colocando el carton encima par hiladas orizontales y al tope, esto es, sin solapar, cuyas juntas se cierran con mastic de vidriero. Se clavan en el tablado con clavos de laton, cuyas cabezas se cubren tambien con mastic, dando por último al todo una capa de pintura al óleo que se renueva cada dos ó tres años, ó antes si es necesario.

CUBIERTAS DE ASFALTO

El empleo del asfalto data de la más remota antigüedad, pues las Sagradas Escrituras dicen que se le empleó en la torre de Babel, lo cual se comprende sabiendo que la Judea es rica en betun.

El asfalto es una caliza bituminosa, compuesta de noventa partes de carbonato de cal y diez partes de betun.

Hay dos clases de asfalto: el natural y el artificial: el primero se encuentra en Europa en un sinnúmero de canteras, de las cuales las más importantes son las de Val de Traver en el canton de Berna, en Suiza, y las de Leisul en Francia, en el departamento de Ain; el segundo es una mezcla de caliza pura y betun, pero dista mucho de tener las buenas condiciones del natural, porque la union de sus componentes no puede hacerse tan intimamente como se hallan en el primero.

Este material tiene varias aplicaciones, pero en el caso concreto presente se le emplea con un grueso de 13 á 18 milímetros, en cuadrados de 33 á 50 centímetros de lado, ó en hojas de 0'65^{m} á 1 metro de ancho por 2'60^{m} á 2'92^{m} de largo (Una hoja de asfalto de un metro cuadrado, con un espesor de un milímetro pesa 2'057^{k}).

A esta clase de cubiertas se les da tan sólo la pendiente necesaria para el resbalamiento del agua, estableciéndolas en tablados ensamblados á ranura y espiga, ó sobre un enlatado con forjado de yeso.

Estas cubiertas son de muy difícil ejecucion, y tienen el inconveniente de que con el ardor de los rayos solares deterioran la madera, producen evaporacion, y al cabo de cierto tiempo sólo queda en la cubierta una sustancia terrosa muy quebradiza. En los lugares húmedos el polvo calcáreo absorbe el vapor acuoso descomponiendo el mastic.

CUBIERTAS DE VIDRIO

La utilidad que presta el vidrio en las cubiertas es grande, tanto más á causa de su baratura y el perfeccionamiento á que ha llegado su construccion. Es material complementario del hierro, puesto que generalmente va unido á él.

Las cualidades que reune el vidrio para cubiertas son: 1.ª trasparencia; 2.ª dar libre paso á la luz y ser poco conductor del calórico; 3.ª ser peor conductor de la humedad.

Las clases de vidrios empleados en las cubiertas son varias tambien: 1.ª el vidrio *comun,* que tiene poco espesor y es de construccion poco esmerada; 2.ª el *despulimentado* que no es trasparente; 3.ª el *acanalado,* que, si bien deja pasar la luz, sin embargo, lo hace de una manera indecisa; 4.ª el *muselina,* que es despulimentado en parte, formando á veces dibujos más ó menos caprichosos; 5.ª el de colores.

El vidrio se le emplea en las cubiertas en forma de tejas iguales á las de barro cocido; en placas más ó menos grandes y de grueso uniforme. El primero se usa en casos muy escepcionales, colocándosele del mismo modo que las tejas de barro. Lo más comun es emplear el vidrio en grandes panes, adoptando su tamaño segun la abertura ó ésta segun el tamaño del vidrio.

Cuando es en placas se colocan viguetas de *t* sencilla encima de las correas, que son las horizontales de la cubierta, siguiendo la

línea de máxima pendiente, y sobre de aquéllas van las placas, cerrándose las juntas con mástic de vidriero.

La disposicion de los vidrios es solapando, dando á esta parte la forma angular para favorecer el resbalamiento del agua por sus aristas.

La pendiente que debe darse á estas cublertas varia entre 18 y 21 grados. El espesor de los vidrios acostumbra ser de 3 á 5 milímetros, al que se da el nombre de vidrio de *doble grueso* para distinguirle del comun.

El peso del metro cuadrado de cubierta cuando el vidrio tiene 3 milímetros es de 8 kilóg., y de 13'33^{k} cuando el vidrio tiene 5 milímetros.

CUBIERTAS METÁLICAS

CUBIERTAS DE PLOMO. El plomo es un metal que expuesto al aire se cubre de una película que le preserva de la destruccion. A igualdad de grueso es cuatro veces menos resistente que el zinc y el laminado aumenta su ductilidad. En contacto con el yeso húmedo se altera, así como tambien por el ácido piroleñoso de la madera de roble verde, á causa del salitre que se forma en los lugares húmedos y por algunos insectos.

Se dilata en la proporcion de un milímetro y $^{1}/_{3}$ por metro para una elevacion de temperatura de 50 grados, lo cual exige ciertas precauciones para su empleo en las cubiertas. A igualdad de grueso es dos veces más aislante que el zinc. En cuanto á economía, es cinco á seis veces más caro que el zinc.

CUBIERTAS DE HIERRO Y DE ZINC. Con relacion á las cubiertas de hierro, se han hecho ensayos con el hierro fundido, con cuyo material se han formado tejas planas que solapan de un quinto de su altura, cruzándose longitudinalmente por medio de un reborde (figura 379). A pesar de la gran duracion de estas tejas y de su ligereza, que permite reducir las escuadrias de las piezas principales de las armaduras de una cubierta, no se ha extendido su uso, debido á la mayor economía que ofrecen las tejas de barro cocido, que resultan cuatro ó cinco veces más baratas.

Tambien se construyen tejas de plancha de palastro que se sujetan en las latas por medio de un reborde ó por medio de clavos, pero tambien tienen el inconveniente de que debiendo solaparlas aumentan mucho el peso si se comparan con el mismo metal empleado en planchas.

Estas planchas se colocan en toda clase de pendientes, pero por lo general se las emplea en pendientes suaves, con lo cual se economiza tambien mucho material, tanto en cubierta como en armadura.

Se aplican sobre enlatado y mejor aun sobre tablado unido, ó sobre enlatado forjado. Una de las uniones de planchas más sencilla es la representada en la fig. 380, en la cual los bordes de dos planchas están arrollados uno dentro de otro, siguiendo la máxima pendiente y están más ó menos unidos segun la ductilidad del metal. La fig. 381 es otro ejemplo de una junta á dilatacion libre, en la cual los dos bordes contiguos de dos planchas están curvados y van cubiertos por una tira posterior del mismo metal doblada en forma ovalada. Esta junta tiene la ventaja de que se puede quitar esta tira ó cubrejuntas, con sólo tirar de ella en sentido longitudinal.

Las juntas horizontales se forman solapando las planchas de 0'08^{m} á 0'011^{m} unas sobre otras, uniendo los bordes superiores al enlatado. Los clavos que se emplean deben ser del mismo metal que el de la cubierta, para que el galvanismo que se produciria si fuesen de metales distintos no las perjudique.

Hoy dia las cubiertas que están más en uso son las acanaladas de plancha de zinc (figura 382), cuyas canales siguen la direccion de la pendiente.

CAPITULO XVI

CUBIERTAS

INCLINACION DE LAS CUBIERTAS

Todas las cubiertas deben tener pendientes, porque si no las tuviesen ya no cumplirian el objeto para que se las destina, cuya inclinacion puede determinarse por tres medios distintos: 1.° Por el número de grados que el plano de la cubierta forma con el plano horizontal; 2.° Buscando el tanto por ciento de su inclinacion; por ejemplo, una cubierta de 6 p. %, quiere decir que en el triángulo formado por la cubierta, la base tiene 100 partes y la altura 6; 3.° Por la diferencia de altura de los planos verticales que pasan por los extremos de la cubierta.

La inclinacion de una cubierta está en relacion con la clase de materiales que se empleen y con la localidad; con todo son varias las teorias que se han propuesto por personas eminentes para precisar matemáticamente esta inclinacion.

Quatremere de Quincy ha dicho que esta inclinacion la fijaba la altura del lugar ó latitud, partiendo de la base de que cuanto más al Norte mayor debe ser el peralto. En el Ecuador le da la pendiente de 0° y va aumentando de 3° por cada clima ó zona geográfica si las tejas son huecas; de modo que á la décima zona, de las 24 en que se divide el Ecuador, le corresponderán 30°; si es la quinta zona, le corresponden 15° y así siguiendo. Si la cubierta está formada por tejas griegas ó romanas, al resultado hallado le añade 3°; si está formada por pizarras, le añade 6°, y si está formada por tejas planas antiguas le añade 8°.

M. Delmas ha dicho lo siguiente: La inclinacion que debe darse á una cubierta en un lugar determinado, es la diferencia de su latitud con respecto á un paralelo dado; pero ni esta teoria ni la anterior pueden admitirse en la práctica: así pues, la verdadera inclinacion será la que se acostumbra en la localidad, fundada en la experiencia de muchos años y hasta de siglos.

Causas que positivamente influyen en la inclinacion de las cubiertas. 1.ª influye el material que cobija; 2.ª influye la sequedad del lugar. El primero influye observando que no todos presentan el mismo

modo de cerrarlas, por lo tanto aquel que ofrezca mayor número de juntas, contribuirá ó hará que se dé más inclinacion á la cubierta; tanto es así, que si fuese posible tender una plancha de plomo continua, por ejemplo, de una sola pieza encima de una cubierta, indudablemente ésta necesitaria mucha menos inclinacion.

El agua es uno de los elementos de destruccion que debe tenerse en cuenta; así pues, como existen unos paises más húmedos que otros, en aquéllos deben forzosamente darse mayores pendientes que en éstos, para que desalojen con más facilidad el agua.

La latitud del lugar tambien influye verdaderamente, así como la altura, el clima, el grado de humedad ó sequedad que le sea propia; pero en todos los casos la práctica es el dato indispensable, así como tambien la observacion que debe hacerse de las construcciones de la localidad.

La fig. 383 representa las indicaciones gráficas de las pendientes que se da á las cubiertas de dos vertientes: en la parte izquierda se halla un cuadrante graduado que da la medida de los ángulos que las pendientes forman con el plano horizontal; á la derecha están las relaciones de las alturas de las cubiertas.

Cuadro esplicativo de la fig. 383

Perfil de las cubiertas	Inclinaciones de las vertientes (grados m.)	Altura de la flecha	Relaciones de las alturas con las bases	Clases de cubierta
A *a* B	9—28	C *a*	1/6	Templos antiguos.
A *b* B	14— 2	C *b*	1/4	
A *c* B	18—26	C *c*	1/3	Tejas huecas, tejas romanas metálicas.
A *d* B	26—33	C *d*	1/2	
A *e* B	33—41	C *e*	2/3	Pizarra. Límite inferior de la inclinación.
A *f* B	36—52	C *f*	3/4	
A *g* B	(45—")	C *g*	1	Paja, tabletas, pizarras, tejas planas de corchete.
A *h* B	(60—")	C *h*	$\sqrt{3}$	
A *i* B	63—27)	C *i*	2	Tejas planas de corchete.
A *j* B	(56—30)	C *j*	2 2/5	Cubierta á la Mansarda, el semicírculo dividido en 4 partes, fig. 384.
z g z	(22—30)	*q g*	2/5	
A *k* B	68—12	C *k*	2 1/2	Castillos antiguos, tejas planas y pizarras.
A *l* B	71—34	C *l*	3	
A *m* B	(72—")	C *m*	3 7/100	Cubierta á la Mansarda, el semicírculo dividido en 5 partes, fig. 385.
x g x	(27—")	p *g*	1/2	
A *n* B	75—58	C *u*	4	Campanarios.

Cubiertas á dos vertientes. Los edificios más sencillos son los que se elevan sobre plantas rectangulares, como el representado en la fig. 386, el cual acostumbra á llevar una cubierta á dos vertientes iguales (figura 387), que tienen la misma inclinacion, corriéndose á lo largo de las dos fachadas laterales, en las que apoyan, yendo á encontrarse siguiendo la línea *a b* que constituye el *caballete*. Cuando es una sola la pendiente la que constituye la cubierta, entonces se le llama á una sola vertiente, como la de la figura 388

A las cubiertas se les acostumbra dar un saliente para preservar á la parte alta de los muros de la lluvia, sosteniéndoles por esta parte por la simple prolongacion de las correas, de las carreras, de las latas, como en las figs. 389, 390, 391 y 392, que son cubiertas inclinadas á 45°, y como en la alzada de la fig. 393, que representa una cubierta de poca pendiente. La fig. 394 y las

figuras 395, 396 y 397 presentan los detalles de la disposicion de las correas en ambos casos.

Cuando las cubiertas descansan en muros medianeros, entonces no es posible pueda haber saliente ó vuelo, como expresa la fig. 398. Si las fachadas llevan cornisas, entonces se da la forma de la fig. 399.

CUBIERTAS DE PABELLON. Un emplazamiento cuadrado puede cubrirse muy bien con una cubierta á dos vertientes (figs. 400 y 401); mas en el caso en que las cuatro fachadas deban ser iguales y peraltadas, entonces la cubierta de cada una de éstas será á dos vertientes, tal como expresa la figura 402, en la cual hay dos caballetes *a b, d e* horizontales, que se cruzan en su punto medio *c*, y cuatro aristas entrantes, *c i, c o, c u, c v*. Si las fachadas han de ser planas é iguales, que es el caso más sencillo (fig. 403), en este caso habrá tan sólo cuatro pendientes triangulares. La fig. 404 representa el mismo caso sobre una base romboidal. Esta misma forma piramidal de la cubierta tambien se aplica sobre una planta rectangular (figura 405), siempre que las longitudes de sus fachadas no sean muy considerables. Tambien se puede dar la forma de pabellon á una cubierta de base poligonal, como la representada en la fig. 406.

La construccion de esta clase de cubiertas se aplica muchas veces á las extremidades de los edificios de alguna extension (fig. 407), quedando en el centro dos simples pendientes que corresponden á los muros más largos. A las dos vertientes extremas se les da el nombre de *petos*.

La fig. 408 representa el caso de tres galerias que se cruzan y cuyas cubiertas son de pabellon. En el cruce de A con D, por efectuarlo á ángulo recto y tener el mismo ancho, las líneas *hoyas* ó entrantes serán iguales; mas no así con relacion á las galerías A y B, cuyas líneas hoyas serán tan sólo iguales dos á dos.

Siempre que una galeria E (fig. 409) se cruza oblicuamente con otra A las líneas hoyas *c a, c o* de sus cubiertas serán desiguales, y si se desean iguales, como lo son las *g a, g o,* entonces las vertientes resultarán desiguales (fig. 410). En el cruce de dos galerias puede suceder tambien que una cubierta sea más alta que otra (fig. 409) como las F y D, en cuyo caso se prolonga la pendiente D que trunca el vértice de F.

En las cubiertas que se han considerado antes, esto es, las de una sola pendiente, puede presentarse el caso de necesitar tan sólo vigas, ó de necesitar formas para impedir el empuje de las vigas sobre el muro. Si se disponen las vigas de modo que descansen simplemente en los muros, la tendencia de ésta será separarlos, lo cual se evita haciéndolas descansar de plano; es decir, que á las puntas inferiores de las vigas se les quita el trozo de madera necesario para que su asiento sea horizontal, el cual se pone en la otra extremidad de viga, cuyos dos casos expresan las figuras 411 y 412, habiéndose quitado la punta *a* de la viga para ponerla en *b*.

Cuando no se disponga de buenos ladrillos, se pone una solera en cada muro (fig. 413), practicando mordeduras en los estremos de las vigas en las que encajan ó entran dichas soleras.

La armadura llamada *á la molinera,* consta de vigas que entran á caja y espiga en tirantes horizontales, los cuales, junto con las vigas, se introducen en los muros. Encima de las vigas van las cuerdas y sobre éstas la envolvente.

En la armadura de *par y picadero,* por un corte que recibe la viga en sus extremos, llamado *picadero* en el superior y *estribo* en el inferior, apoya en dos soleras de las cuales la inferior descansa á su vez sobre el tirante, introduciéndose en él, cuyo tirante apoya sus extremos en dos soleras entregadas en el muro (fig. 414).

Siempre que se tema que el par pueda hacer flexion, se le colocará un tornapuntas que apoye en el arranque del tirante ó muy cerca de él, pero si este temor es con relacion al tirante, entonces se deberán añadir un tornapuntas, un contrapar y un pendolon (fig. 415).

Cubiertas á dos vertientes. Cuando las cubiertas tienen poca estension, la envolvente se sostiene simplemente por medio de latas como está representado en la fig. 416, las cuales se juntan en la cumbrera á media madera y á caja y espiga con espera en las soleras *b b* que descansan en los muros. Las latas están espaciadas de 0'43 á 0'65^m unas de otras, según el peso que deban sustentar. Como su posicion, su peso y la carga de la cubierta tienden á abrir los muros en que apoyan, se las debe ligar con tirantes *c* por medio de entalladuras y pernos.

Si la cubierta debe establecerse sobre un tablado, como se ejecuta cuando la envolvente es de pizarra, éste liga suficientemente; más si está formada por tejas planas, no bastaria el tablado para mantener el paralelismo de las latas; así es que se debe colocar una ilera *d* en el ángulo de abertura de los pares.

A esta armadura se la distingue con el nombre de *armadura de par y tirante*.

Esta clase de cubierta sólo puede emplearse en crujias cuya magnitud no pase de 4 á 5 metros, puesto que á mayor distancia las latas deberian ser mas largas de 2 á 3 metros y harian flexion; sin embargo, si se desea evitar este inconveniente, se establecerán de distancia en distancia *correas*, que son unas piezas iguales entre sí que descansan en los pares y consolidan á las armaduras unas con otras, sosteniendo al propio tiempo á las latas (fig. 417). En esta armadura *a, a* son las latas; *b, b*, las soleras en que descansan aquéllas; *c*, el tirante que une á los pares *h*; *d*, la cumbrera que consolida las puntas superiores de los mismos y en la que se fijan las latas; *g*, pendolon que sostiene la cumbrera *d* y recibe los ensambles de los pares *h, h*, sobre los que se asientan las correas *f f*, *i i*, tornapuntas que cargan el peso de las correas sobre el pendolon. El pendolon se une al tirante á caja y espiga, para que no pueda moverse en ningun sentido. Los tornapuntas deben ensamblarse en los pares precisamente debajo de las correas, para que su presion no influya sobre aquellos. En algunas armaduras en vez de estos tornapuntas se coloca un puente *k* al que se une el pendolon, pero no resultan tan sólidas como las anteriores.

Cuando en la armadura de par y tirante los pares se cruzan en la parte superior sobresaliendo sus puntas para recibir á la cumbrera, entonces recibe el nombre de *armadura de tijera*.

En la armadura *par-hilera* en vez de unirse los dos pares entre sí, se unen á la hilera por medio de uno, dos ó más redientes (figuras 418, 419 y 420).

En la llamada *par-hilera con estribos*, los pares no van unidos directamente al tirante, sino á unas hileras que á su vez entran en el dicho tirante.

La fig. 421 representa la seccion por A B de la fig. 417, en la cual se ven todas las piezas ya citadas antes en esta figura, más, los tornapuntas *j, j* que, apoyando en el pendolon, evitan la flexion de la cumbrera *d*.

La fig. 422 es una armadura *par-puente-pendolon* consolidado todo por tornapuntas.

Antiguamente, en las armaduras, las latas ó cuerdas iban ensambladas á caja y espiga en las correas (figs. 423 y 424); en otras, las correas *f, f* (figs. 425 y 426) están ensambladas á caja y espiga en los pares, así como tambien las cuerdas en las correas. Esto se hacia con el objeto de dar más resistencia á los cuchillos; más como complicaba mucho la mano de obra y, por otra parte, se debilitaban los pares y las correas,

este es el motivo porque hoy dia no se emplea este sistema, pues se parte del principio de hacer únicamente los ensambles más estrictamente indispensables.

La figura 427 es una proyeccion de la figura 422, en la cual la cumbrera se halla tambien consolidada por tornapuntas que apoyan el pendolon, ligando al propio tiempo las carreras *r* colocadas á los $^2/_3$ de altura de los pendolones.

En la armadura representada en las figuras 428, 429, 430 (la figura 430 es la seccion por E F de la figura 428), el empuje horizontal que resulta del esfuerzo de las cuerdas sobre las correas está completamente destruido en cada cuchillo transversal á causa de sus ligados con los tornapuntas, ya por medio de las piezas *y, y,* ó por las piezas de refuerzo *y* de la figura 385; sin embargo, entre los cuchillos no queda destruido este empuje, el cual se encuentra en su *máximo* en medio de la distancia de las armaduras transversales, con lo cual las soleras hacen flexion que transmiten á los muros que las soportan. Esta flexion es tanto más sensible cuanto mayor sea el peso de la envolvente, ó cuanto mayor sea la distancia que separa á los cuchillos entre sí ó tambien si la escuadria de las soleras no es suficiente.

Para disminuir el empuje motivado por el peso de las envolventes, se ha calculado que á un ángulo menor de 45° la presion de las cuerdas ó latas sobre las correas ocasiona un roce que atenúa en parte su empuje sobre las soleras; más allá de este mismo ángulo, el empuje disminuye por el fraccionamiento de la presion ejercida por las cuerdas en sentido de su longitud, y como no es conveniente construir cubiertas de tejas planas á un ángulo menor de 45°, dando ángulos mayores que éste es como se atenúa el empuje de las cuerdas sobre las soleras, por cuyo motivo son muchos los constructores que dan el ángulo de 60° y aun mayores que éste.

Tambien se han construido cubiertas como la representada en la figura 431, en las cuales se ha sustituido el puente *c* de la fig. 428 por un falso puente, pero que, sin embargo, no ofrece ninguna ventaja sobre aquél por varios motivos: 1.° la invariabilidad del trapecio 12 y 34 de la figura 428, ó ya en la figura 431 no depende del ensamble directo de las piezas de que se compone, sino de la débil resistencia de las espigas del puente *c,* y de los de los tornapuntas que ensamblan en los pares *h, h,* que, en el caso de romperse, ya no ofrecerian ninguna clase de apoyo; 2.° el resbalamiento de los pares, á causa de la carga de la envolvente sobre las correas y la de ésta sobre aquéllos, hace esfuerzos sobre las soleras, de modo que los empujes sobre los muros están únicamente retenidos por las clavijas de los ensambles del falso puente *c* con los pares *h* y por las espigas de union de las piezas *y* con los tornapuntas; 3.° en vez de hallarse sostenido el cuchillo por las ocupaciones superiores de los tornapuntas, lo está únicamente por sus espigas sobre las caras internas de los pares, y por esperas sin apoyo de las espigas del puente.

Ordinariamente, los cuchillos transversales se ligan unos con otros por medio de formas longitudinales que, no obstante, en las de mucho tiro no son suficientes, atendido que no puede contarse con las correas para llenar este objeto, á menos que estén ensambladas en los pares, como en las *armaduras rebajadas*. Comunmente lo que se hace es ligar los cuchillos transversales por medio de tirantes ensamblados en las estremidades de sus puentes, como en *x* (figura 432), reforzándoles con una pieza *v*, bien sujeta con pernos, en la cual se ensambla el tornapuntas correspondiente.

Las armaduras pueden ser de tres clases con relacion á la pendiente de la cubierta: 1.ª si la montea es la mitad de la amplitud del tirante, se la llama armadura *media;* 2.ª si

la primera es igual á la segunda, se la llama armadura *levantada;* 3.ª si la altura es menor que la mitad del tirante, se la llama armadura *rebajada;* debiéndose advertir que se consideran como medias, levantadas ó rebajadas, no precisamente á las armaduras que tienen las medidas exactas que se acaban de dar, sí que tambien á las que más se aproximen á ellas.

ARMADURAS REBAJADAS. La figura 397 es un ejemplo de esta clase de armaduras en las cuales no es posible poner puentes por la mucha inclinacion de los pares, debiéndose emplear preferentemente los tornapuntas.

Supóngase que se tengan los dos pares *p*, *p*, y el tirante *t* de la figura 433, en la cual siendo aquéllos muy tendidos, se principiará por poner un pendolon, y dividiendo los pares en cuatro partes iguales, por ejemplo, se bajarán de estos puntos las péndolas correspondientes, arrancando de sus uniones con el tirante otros tantos tornapuntas para consolidar el conjunto. En esta clase de armaduras, los tornapuntas trabajan por compresion y las péndolas por tension, acostumbrándose hacer los pares, pendolon, tornapuntas y tirante de madera y las péndulas de hierro.

Tambien se ha propuesto el sistema de la figura 434, esto es, poner todos los tornapuntas perpendiculares á los pares; pero como esta armadura requiere mayor número de piezas que la anterior y, por lo mismo, carga más los muros, no se la emplea casi nunca.

Combinando el hierro con la madera, puede hacerse tambien la armadura de la figura 335, en la cual, del centro del par arranca un tornapuntas perpendicular á él, y el punto en donde encuentra al tirante se une con el de union de los pares. En este caso, las piezas *a* trabajan por tension y los tornapuntas por compresion, construyéndose éstos y los pares de madera y los tirantes de hierro.

Cuando la armadura deba tener mucha amplitud se hace como en el caso anterior, y en el espacio que queda entre los pares se adopta el mismo sistema (fig. 436).

Debe tenerse presente que no todas las partes del tirante trabajan igualmente, puesto que las partes extremas trabajan por tension y la parte central lo hace por compresion; lo cual se demuestra más palpablemente en la estructura de la figura 437 en la cual el tirante es quebrado.

ARMADURAS MEDIAS. En estas armaduras debe evitarse la flexion, tanto del tirante como de los pares, lo cual se consigue por medio de puentes y de péndolas (fig. 438), y si se temiese tambien la del puente, se añadirá un falso pendolon. Puede ocurrir el caso de querer suprimir este falso pendolon, y entonces se dispondrá una sopanda y unos tornapuntas que vayan á parar á los pares para que eviten los esfuerzos que puedan recibir las péndolas (fig. 439).

Si la armadura tuviese mucha amplitud, se pondrian dos puentes, pendolon corrido y péndolas; y si esto no bastase, se añadirán tornapuntas (fig. 440).

ARMADURAS PERALTADAS. En esta clase de armaduras las partes que más sufren son los pares, como ya se ha dicho, tanto por la carga que sufren como por la presion del viento, de modo que para reforzarlas deben utilizarse los puentes que sobre trabar los pares ofrecen pavimento. Estos puentes se unen á los pares á caja y espiga; mas como les debilitan mucho, lo mejor es añadir dos contrapares para cada puente. Tambien se dispone un pendolon que retiene el primer puente superior y tornapuntas apoyadas en los pares que sujetan á los demás puentes.

De todo lo dicho se deduce que en las formas peraltadas, las piezas indispensables son los puentes; en las medias son las péndolas, y en las rebajadas los tornapuntas.

ARMADURAS Á LO MANSARD Ó QUEBRANTA-

DAS. Estas armaduras son debidas á Mansard del cual toman el nombre y datan de la última mitad del siglo XVII, llamándoselas tambien quebrantadas por presentar una variacion ó quebranto en su pendiente. Por su forma permiten cobijar una habitacion de espacio mucho mayor que por el sistema de pendientes planas seguidas.

El trazado de estas armaduras se puede ejecutar de varios modos, cada uno de los cuales da un perfil distinto:

1.er *método* (fig. 441). El triángulo *a b d* representa el perfil de una armadura media. Por el punto medio de la altura *e* se traza una horizontal *h i* paralela á la base *a b* que representa el tirante; se hace *e f* ó altura del quebranto igual á la mitad de *h e*, se unen los puntos *h* é *i* con el *f* y resulta el perfil *a h f i o*.

2.° *método* (fig. 442). Se hade *c e*, altura de la verdadera cubierta, igual á la mitad de *a b*, y resultan los dos cuadrados *c e g b* y *c e d a;* se toman las partes *d h, g i, e f*, iguales al tercio de uno de los dos lados de estos cuadrados y resulta el otro perfil *a h f i b*.

3.er *método*. (fig. 384). Se traza una semicircunferencia de círculo *a d b* sobre un diámetro *a b* igual al ancho de la construcción, la cual se divide en cuatro partes iguales, resultando la mitad de un octógono inscrito que es el perfil de la cubierta.

4.° *método*. Sea cual fuere la altura *c e* ó *b g* (fig. 443) de la cubierta, se hace *g i* igual á la mitad de esta altura, y la de *e f* igual á la mitad de *e i*.

5.° *método* (fig. 444). Se dividen los radios de la semicircunferencia *a b d* en tres partes iguales, y las perpendiculares levantadas en los primeros puntos de division *p p* dan los puntos *u u* que marcan la altura del quebranto.

6.° *método* (fig. 385). Este trazado, debido á Belidor, en 1739, es el que se ha empleado generalmente, y consiste en dividir la circunferencia en cinco partes; se unen las puntas E y F con los estremos del diámetro, cuyas cuerdas dan las pendientes de la verdadera armadura: y uniendo estos mismos puntos con el del centro D, se tendrán las falsas pendientes E D F D.

Estas formas, sin embargo, pueden variar al ínfinito, dividiendo en un mayor ó menor número de partes, bien sea su circunferencia ó bien su diámetro, ó tambien cambiando las relaciones de las bases y de las alturas de las cubiertas, segun el capricho ó las aplicaciones que se deseen hacer. La fig. 445 es un ejemplo de ello, en la cual el ancho *a b* de la construccion es de unos 13'60^{m}; el tirante *h i* está colocado á 2'28^{m} de altura; *g i* es igual al tercio de *b g; e f* es igual á la cuarta parte de su base *h i*.

En las cubiertas sistema Mansard, las piezas *u* (fig. 385 y 446), que corresponden á llas *sillas* ó *aristas de quebrado,* forman con relacion á las latas, verdaderas soleras, dándoles en algunos casos cierto vuelo, como en las figs. 447 y 450, para que escupan el agua de lluvia.

Cuando se quiere utilizar esta clase de armaduras para formar un techo alto, se suprimen los tornapuntas de los tirantes y se da la forma espresada en la fig. 446, en cuyo caso debe darse un grueso suficiente á los muros para que resistan los empujes de los arcos, en los cuales las piezas que lo constituyen están ensambladas á caja y espiga con espera. La curva que forma el *intrados* de la bóveda depende de la altura que deba tener el cuchillo. La de esta figura es elíptica, cuya construccion está representada en la fig. 448: en ella *a b* es el diámetro mayor; *c d*, diámetro menor; *c e b*, triángulo equilátero construido sobre *c b; c f* es igual á *c d; g*, punto de interseccion de la prolongacion de *d f* con *b e;* por *g* se tira una paralela á *c f* y resultan los puntos *x* y *z* centros de la curva.

La fig. 449 es un fragmento de la misma armadura, sólo que en ésta se representa la

sección y detalles del techo cuervo, y además las correas no se sostienen como en la figura 44 ó por *egiones* recibidos en los tornapuntas, sino por maderos *x* ensamblados en éstos y en las latas ó cuerdas correspondientes.

Si en vez de ser el arco elíptico fuese de medio punto como está representado en *k*, entonces las soleras deberian colocarse en el arranque del arco, en *q*, ó bien debería cambiarse la relacion entre la falsa cubierta y la arista de quebrado.

En la fig. 447 se ha dividido la semicircunferencia interior en seis partes iguales en los puntos *p, x, v, x, p,* y el puente *c* está determinado por los puntos *n n,* intersección de los radios *r x* con la tangente horizontal del arco. Además, los tornapuntas que constituyen las pendientes laterales son las líneas que, levantándose sobre el nivel vertical del paramento exterior del muro, son tambien tangentes al arco, yendo á parar á las aristas de quebrado *n*. La arista del caballete se determina trazando un arco de círculo con el radio *r u,* el cual se cruza con la vertical ó eje que pasa por el centro.

Cubiertas en imperial. En la época en que las cubiertas á la Mansard estaban más en boga, se idearon tambien otras imitando la quilla de los buques, llamándoselas impropiamente *en imperial* por asemejarse su forma á la corona de los emperadores, en particular cuando afectan la forma circular.

La fig. 451 representa una cubierta de esta clase á dos vertientes, para cuyo trazado se marca en el eje la altura que deba dársele; se marca el espesor C D del pendolon, uniendo los puntos G y E en cuya recta se señala el centro F; de los puntos *x* y *z*, puntos medios de estas semicuerdas, levántense las perpendiculares *x* H, *z* K las cuales dan los puntos H y K de los dos arcos. Como á comprobante, los puntos H, F, K, deben hallarse en línea recta.

Hay tambien otro método para trazar esta clase de cubiertas, que tiene la ventaja sobre el anterior de que las partes de la cubierta en donde se encuentran las curvas tienen la pendiente más apropiada á la clase de material que acostumbra emplearse. Sea G P la menor inclinacion que deberia tener la cubierta si fuese plana. Siendo C P la cuarta parte de C G que da la pendiente más á propósito á una cubierta de pizarras modernas, levántese en el punto medio de I G una vertical Q M; por un punto cualquiera I se tira una perpendicular á G P; sobre esta perpendicular se toma I J igual á I G, y por los puntos G J se traza la cuerda comun G E cuya interseccion con las verticales Q M, I E da el punto F, interseccion de los arcos y altura de la cubierta.

Cubiertas cilíndricas. De estas cubiertas las hay de dos clases: 1.ª Cuchillos con tirantes: 2.ª Cuchillos sin tirantes.

En el primer caso, no se diferencian de las planas más que en que los pares curvos y de una sola pieza encorvada artificialmente están formados por varias piezas que dan la forma que se desea.

En cuanto á las segundas, se han usado mucho, distinguiéndolas por el nombre de sus autores; el primero de los cuales fué Filiberto Delorme, y el segundo el coronel Emy.

El sistema de Filiberto, consiste en el empleo de tablas cortadas de modo que den la forma que se desee, cuyo ancho era de 0'32^{m} por 0'27^{m}, colocándolas próximas unas á otras para que la carga gravitase poco y diese un conjunto de poco peso ó empuje á los muros. Uno de los modelos de Filiberto consiste en colocar una carrera á lo largo de cada muro que reciben los arranques de la curva, y por la parte exterior, una cornisa que recibe unas piezas de madera para desalojar el agua. La armadura tiene el mismo grueso en toda su estension y está formada por piezas cuyas juntas de

un grueso á otro no coincidan. En cada union hay cinco clavijas de madera para consolidar, y en el centro de cada junta ó union hay una caja que pasa de parte á parte y que coge tres pares de gruesos, es decir, que une tres formas, siendo la disposicion de los tacos distinta en cada junta. El ancho de cada tabla es de 11 centímetros por 3 de grueso ó altura. Como se ve, esta armadura está formada por piezas cortas que dan un conjunto muy sólido; mas, en cuanto á economia, deja mucho que desear, por el sinnúmero de piezas que requiere y que, por lo mismo, encarecen la mano de obra.

A este sistema se le han hecho algunas modificaciones, habiendo sido Rondelet el primero en perfeccionarlo, quien, habiendo considerado que el sistema de pasadores no ejercia otra funcion que sujetar ó retener las formas sin prestar ningun apoyo exterior ni interior y sin ofrecer perfecta seguridad, construyó las cajas en los bordes en vez de hacerlas en el centro de las tablas como hacia Filiberto, alternándolas al propio tiempo; y en cuanto á las clavijas, las clavaba para que no cediesen, con lo cual daba mucha más facilidad de ejecucion, y por lo mismo, mayor economia. Por este sistema los pasadores de la superficie curva exterior sirven para sujetar la envolvente haciendo las funciones de correas, y los interiores sirven para sostener el cielo-raso.

Lacasse propone construir edificios empleando trozos de vigas que presenten caja en el ensamble ó union y rayo de Júpiter en el canto. Los pasadores van en el centro y sólo de una forma á otra.

Así como Filiberto usó la tabla puesta de canto, el coronel Emy ha empleado la misma tabla toda entera y de plano, que así, por su naturaleza flexible, puede dar mucha mayor solidez.

Estas armaduras constan de varios gruesos de tablas, colocando de distancia en distancia varios pasadores que cojan á todas ellas, alternando con éstos unos pinchos de hierro para que trabajen unidas. En el exterior termina estas armaduras con forma planas, colocando dos pie-derechos, uno en cada estremidad, y de los $^{2}/_{3}$ aproximadamente arrancan dos pares que van á coincidir en el punto medio de las armaduras poniendo además banquetas que terminan al exterior de la misma.

La fig. 452 representa otra clase de armaduras cilíndricas en el cual se aprovecha la mitad de su altura para piso. Los tirantes *c* y *t* hacen el efecto de vigas armadas, por cuyo motivo deben tener mucha escuadria y reforzarse con tornapuntas.

Aristas salientes y entrantes de las cubiertas. La combinacion de los varios planos que constituyen las cubiertas, requieren armazones horizontales y verticales con objeto de ligar los ángulos que formen aquellos para sostener las piezas que constituyen las aristas, las extremidades de los armazones y las cuerdas, que por estar truncadas no alcanzan á los puntos de apoyo.

Las figs, 453, 454, 455 y 456 representan las proyecciones del esqueleto del trozo de cubierta 1, 2, 3, 4 de la fig. 408, en las cuales *a* son las cuerdas; *g*, el pendolon; *c*, el tirante de un cuchillo transversal; *s*, *s*, las soleras; *t*, tirante del cuchillo correspondiente al pendolon *q*; *d*, tirante de caballete; *p p*, tornapuntas ó *canes* que reciben á los travesaños y retienen al mismo tiempo el tirante de caballete y el del cuchillo; *r*, *r*, travesaños ó tirantes de arista sobre los que se asientan las piezas de arista. La fig. 457 representa tambien otra proyeccion vertical de este caballete.

Tanto en este ejemplo como en el que sigue se ha supuesto que no existen ni pares ni correas á causa de la poca longitud de las cuerdas ó latas, y tambien para que se vean mejor las posiciones de las piezas que componen las aristas de esta clase de armaduras.

La fig. 458 es la proyección horizontal de un caballete inclinado comprendido en el rectángulo 5, 6, 7, 8 de la fig. 408. Las figuras 459 y 460 son dos proyecciones horizontales correspondientes al rectángulo 17, 18, 19 y 20 de la misma figura. Las figuras 461, 462 y 463 son sus proyecciones verticales correspondientes.

En las figs. 461 y 458 los cuchillos transversales A B, D E, las cuerdas *a* y los cuartones *á*, son todos paralelos al muro de caballete *x y*. El cuchillo longitudinal C *q*, el cuchillo de caballete *q* F que forma parte de aquel, y los cuartones *ó* son paralelos á las fachadas longitudinales. Todas las cuerdas tienen las estremidades romboidales ó rectangulares con el fin de que dos de sus caras estén verticales. En las figuras 462 y 459, los cuchillos A B, D E, y las cuerdas *a* son perpendiculares á la longitud del edificio; el cuchillo longitudinal C *q*, es paralelo á esta misma longitud; pero el cuhillo de caballete *q* F, así como los cuartones, son perpendiculares á la solera. En las fig. 463 y 460, los cuchillos transversales y las cuerdas de la crujia están situados como en las figuras 461 y 458; pero las cuerdas de caballete son paralelas á la direccion de la cumbrera, y su posición con respecto á la escuadria es inclinada.

Las figs. 465 y 466 son las proyecciones del rectángulo 9, 10, 11, 12 de la fig. 408, en las que se ven las cuatro líneas hoyas ó aristas entrantes C A, C E, C O, C U. Las figuras 467 y 468 son las proyecciones del rectángulo 13, 14, 15, 16 de la misma figura 408. Como en este caso las dos crujias, bien que de igual ancho, se cruzan formando un ángulo que no es recto, las aristas entrantes serán iguales dos á dos. Cuando el ángulo que forman las crujias entre sí no se separa mucho de un ángulo recto, se colocarán las cuerdas tal como se representa en la figura; mas en caso contrario, la distancia del pendolon *g* de un cuchillo transversal U' *g* O' al pendolon C, resulta demasiado grande para que el caballete C *f' g'* y las correas, si las hay, puedan sostenerse sin esfuerzo alguno, en cuyo caso se establecen cuatro cuchillos transversales oblicuos *a g' e*, *e g' o*, *o g' u*, *u g' a*, cuyos pendolones *g'* sostienen á las cumbreras. En el caso de que los muros se prolonguen como el O U, entonces ya no hay necesidad de ningun otro refuerzo.

La figura 468 es la proyeccion horizontal de la cubierta representada en la fig. 469, en la parte correspondiente al rectángulo 1, 2, 3, 4, en cuyo edificio la parte saliente de las crujias es muy insignificante. En este caso, tanto las cuerdas como los cuartones siguen la dirección paralela á los caballetes *f*, *f*, *f'*, *f'* correspondientes, por cuanto los cuchillos E *g* O, O *g* U, U *g* A y el cuchillo A *g* E, que no se representa, son necesariamente paralelos á los caballetes *f* G *f*, *f'* C *f'*. A la derecha de la figura, las cuerdas y los cuartones están rectos y á la izquierda están inclinados, apoyando en los caballetes y ensamblando las primeras en las soleras *s*, *s*, y en las aristas entrantes los segundos. Puede ocurrir tambien el caso de que la distancia entre las aristas salientes y las entrantes sea tan corta, como en la fig. 470, que haya necesidad de ensamblar los cuartones en las aristas salientes y en las entrantes á la vez, como está representado en la fig. 471.

Pabellones de cinco espigas. Estas cubiertas no son más que simples variantes de las que se acaban de describir, y por lo tanto al representarlas, podrá añadirse muy poco á lo dicho ya.

La fig. 472 representa un modelo de esta clase, llamado de *cinco espigas* ó puntas, por constar de cinco pendolones, á los que se unen varias piezas para formar las pendientes; así la fig. 473 es un pabellon de 2 puntas y la fig. 474 es otro de 3 puntas.

Este pabellon es notable á causa de no entrar en su estructura ningun cuchillo de

crujia, componiéndose únicamente de cuchillos longitudinales, cuchillos de caballete, cuchillos de aristas entrantes y cuchillos de aristas salientes.

La fig. 475 representa uno de los dos cuchillos longitudinales situados debajo de las cumbreras, y en la prolongacion de los cuchillos de caballete ó petos que forman parte de los primeros, cuya proyeccion horizontal está representada por *l-m-c-n-g*, (fig. 476). Las líneas de puntos de la fig. 475 representan el *cuchillo-tipo,* del cual se derivan todos los que componen esta cubierta, pudiéndosela considerar como la proyeccion vertical de los armazones 3-4-*p-c*, 7-6-*p-c*.

La fig. 477 es una proyeccion vertical de uno de los cuchillos salientes, del proyectado, por ejemplo, en *n*-8, ó de uno cualquiera de los otros siete que le son iguales.

La fig. 478 es otra proyeccion vertical de los cuchillos entrantes, del *c*-7, por ejemplo, ó de uno cualquiera de los otros tres iguales á él.

La fig. 479 es el plano general de una cubierta, de cinco puntas tambien, pero que se diferencia de la anterior en que cubriendo un espacio cuadrado, tanto las aristas salientes como las entrantes afluyen á un solo punto en cada ángulo.

La fig. 480 es la proyeccion horizontal del entramado de este pabellon, y la fig. 481 es la proyeccion vertical de uno de los dos cuchillos longitudinales 1-*l-m-c-n*-9. El cuchillo de puntos de la fig. 475 puede servir tambien de tipo para la construccion de esta cubierta. Las figuras 477 y 478 se adaptan perfectamente bien á las proyecciones verticales de los cuchillos salientes y entrantes de la misma, diferenciándose tan sólo en que en ésta los pares y las cuerdas de los cuchillos salientes y entrantes se unen, ensamblándose en los tirantes y travesaños, que á su vez se unen á las soleras, en los ángulos del pabellon. Atendida la poca longitud de los cuartones, entre las aristas salientes y las entrantes se suprimen las correas, punteadas en *x é y*, sólo con el objeto de que se conozca la disposicion que tendrian si se les colocase para completar la regularidad del aspecto interior.

Además de las cubiertas de que se ha tratado hasta aquí, consideradas como permanentes, y por lo mismo teniendo sus uniones á ensamble, con refuerzos de hierro, tales como abrazaderas, pernos, escuadras, etc., hay tambien las de construccion mucho más sencilla, que se aplica á las cubiertas provisionales ó que deban cubrir espacios por tiempo determinado.

La primera condicion que deben tener estas cubiertas es que sean muy económicas, y para ello se prescinde de los ensambles, empleándose los tablones tal como se encuentran en el comercio, y eligiendo las escuadrias convenientes para que den los anchos y gruesos que convengan á la resistencia de las piezas, segun los empujes y carga que deban recibir.

Dos buenos ejemplos de esta clase de armaduras son los cuchillos empleados en las cubiertas de las naves del Gran Palacio de la Industria en la Exposicion Universal de Barcelona de 1888, segun los planos del ingeniero D. Alejandro Sellé, y los del tinglado para el almacenaje de los embalajes, segun los planos del ingeniero D. Joaquin Ribera.

El Gran Palacio de la Industria, consta de doce naves rectangulares de 100 metros de largo por 20 de ancho, comprendiendo cada nave 21 cuchillos sostenidos por simples piederechos de 0'20^{m} por 0'25^{m} de escuadria, unidos en su tercio superior por medio de largueros reforzados con cruces de san Andrés. En la fig. 482 se ve la mitad de uno de estos cuchillos, que constan simplemente de los pares, tornapuntas y pendolon.

Los pares son sencillos y de suficiente escuadria para que pueda resistir el peso de la cubierta; están unidos al pendolon á espera sencilla. El puente es doble, esto es, consta

de dos piezas gemelas que retienen á junta plana ó por simple aplicacion á los pares y al pendolon, afianzado todo por pernos. Hay además un sistema de tornapuntas muy ingenioso que da gran solidez al conjunto. Primeramente, del pié-derecho arranca un tornapuntas sencillo ensamblado á simple espera en el pié-derecho, que pasa por entre las gemelas del puente y va á parar al par, en el que se ensambla á caja y espiga con espera. La flexion de este tornapuntas se evita por medio de dos piezas gemelas unidas tambien al par medio de pernos. Para dar mayor solidez al conjunto y consolidar mejor unos cuchillos con otros, se coloca en la estremidad superior de los pié-derechos una pieza horizontal simple que pasa por entre el tornapuntas doble roblonado al pié-derecho, por entre el tornapuntas anterior y el par. Con este sistema de armaduras se evitan muchos ensambles y mucho aserraje, pudiéndose dar mucha altura á las cubiertas.

Para el tinglado de embalajes, la combinacion de las distintas piezas es más complicada, por tratarse de una luz mucho mayor, puesto que se cubre un espacio de 70 metros por 35 de ancho. Este tinglado consta de 18 cuchillos y cada uno de éstos está dividido en tres, como puede verse por la fig. 483. Los dos pié-derechos centrales sostienen un cuchillo de 16 metros de luz, en el cual los tornapuntas y el pendolon son sencillos y los pares son dobles, así como tambien el tirante, pero éste lo es únicamente en los sitios en donde deba cruzarse con las demás piezas de la armadura. Los cuchillos laterales están construidos exactamente en la misma forma que el que se acaba de tratar, sólo que el par formado por el tornapuntas que va del pié-derecho interior al par es sencillo. Como puede verse por las escuadrias marcadas en la figura, el tipo de madera que se emplea es el tablon ordinario de 0‘22 por 0‘075 á 0‘08 lo cual simplifica extraordinariamente las operaciones, puesto que para el aserraje no se pierde absolutamente madera por dar fracciones utilizables.

Escuadria de las maderas que se emplean en la construcción de los cuchillos de armadura.

Dimensiones de los cuchillos en metros.			Escuadrias en milímetros.								
Anchos.	Alturas.	Distancias entre sí.	Tirantes.	Tornapuntas.	Puentes. 1.º	Puentes. 2.º	Pares.	Cadenas.	Pendolones.	Correas.	Cuerdas ó latas.
m.	m.	m.									
6‘50	3‘25	3‘25	245 á 270		190 á 190		190 á 215	135 á 160	190	135	
8	5	3‘60	270—300		190—215		190—215	160—190	215	135	
10	6‘50	4	300—350		215—245		215—245	160—190	215	160	110
12	8	5	325—380	245 á 225	245—270	215 á 245	245—270	190—215	245	190	
14	9	7‘50	350—405	325—380	245—270	215—245	270—300	190 215	270	215	

CAPITULO XVII

TRAZADO DE LOS ARMAZONES DE LAS CUBIERTAS

Estos trazados, de que ya se ha tratado en la pág. 152 y siguientes, tienen por objeto determinar, por medio de operaciones gráficas exactas, las proyecciones de una obra de carpinteria, para poder estudiar las formas de sus ensambles y las combinaciones de las distintas caras ó planos que la constituyen.

CABALLETE RECTO. Supóngase que se trata de la construccion de la cubierta representada en la fig. 408. La fig. 484 es la planta del rectángulo 1-2-3-4- de la misma; en la cual las líneas A B, E D, marcan las trazas de las proyecciones horizontales de las caras verticales interiores de los muros longitudinales sobre que debe descansar la cubierta. El punto C es la proyeccion horizontal del vértice del ángulo triedro del caballete, siendo tambien la proyeccion del eje vertical del pendolon del mismo. La línea ACE marca en proyeccion horizontal el emplazamiento del cuchillo transversal comun á los muros longitudinales y al caballete ó peto, y en el cual apoyan los demás cuchillos de éste. El punto C debe elegirse de modo que, entre F C proyeccion horizontal del ancho del peto, y A C ó E C, proyeccion horizontal de la mitad del ancho de la crujia, haya una relacion tal que dé mayor pendiente al peto para disminuir el empuje ejercido sobre las soleras.

La fig. 485 es la proyeccion vertical del cuchillo transversal que coincide con la línea A C E. O G es la altura interior del mismo, dada, bien sea por el ángulo que regula la pendiente, ó bien por la relacion entre su altura y su distancia. (Adviértase que las longitudes y las escuadrias no están trazadas con la misma Escala.)

La fig. 486 es la proyeccion vertical de la mitad del cuchillo del peto en un plano paralelo á él, cuyo cuchillo es la prolongacion ó la estremidad del longitudinal.

Para el trazado de estos cuchillos, la primera pieza que debe establecerse es el pendolon del peto, por ser comun á todos los cuchillos que forman la espiga ó punta á su alrededor. Tanto el pendolon como el cu-

chillo transversal de la crujia, del cual forma parte, deben desviarse algun tanto, es decir, que los verdaderos ejes de las piezas no deben encontrarse en el plano vertical que pasa por O C y el horizontal A B (figs. 484) y 485), sino en un plano vertical paralelo, elegido de modo que se encuentre dividido el cuchillo por el primer plano, en la relacion del ancho de la crujia y del del peto, para que las aristas verticales del pendolon y las de su pirámide ó punta se encuentren en los planos verticales de las aristas del caballete proyectadas horizontalmente sobre las líneas C B, C D.

Para determinar la altura de la punta del pendolon, se traza una horizontal por el punto *w*, se unen los puntos 5 y 6, y por estos mismos puntos se levantan verticales obteniéndose el rectángulo 5-6-27-26. En proyeccion horizontal se une el punto C con B y D; se unen los puntos en que estas rectas encuentran á las proyecciones de los puntos 26 y 27; tómese *u* 7 y *v* 8, iguales á C *u* y C *v*, y el rectángulo 5-6 8-7 será la proyeccion buscada.

Para desviar ó alabear en proyeccion horizontal el cuchillo transversal, se toma 5-17 igual al grueso del cuchillo llevándose tambien esta distancia de C 1 á 7'; se traza la línea 17-17' que resulta paralela á C D, y por el punto 14, en donde encuentra á la arista C-8, se traza la línea 14-15, que es igual al grueso dado del cuchillo. Las líneas 9-10, 11-12, paralelas á A E, dan los paramentos del cuchillo transversal desviado, y el rectángulo 13-14-15-16 es la proyeccion horizontal del cuerpo *g* del pendolon. En cuanto al cuchillo del peto, está proyectado por las líneas 22-28, 28-29, que son las prolongaciones de las caras del cuerpo del pendolon.

Tambien se puede desviar á éste y al cuchillo de otro modo: las líneas C B, C D, (figura 487) representan igualmente las proyecciones horizontales de las aristas de caballete; sobre la línea A E paralela á la posicion que deba tener el cuchillo transversal, se toman á derecha é izquierda del punto C las distancias C *u*, C *v*, iguales á la mitad de la escuadria del pendolon que, en este caso, debe ser de seccion cuadrada; por los puntos *u*, *v*, se trazan líneas paralelas á T C F; sus intersecciones con las aristas A B, C D, dan los puntos 5 y 6, para proyecciones de dos de las aristas verticales de la punta del pendolon; se toman 6 7, 5-8, iguales á *u v*; los puntos 7, 8, son las proyecciones de las otras dos aristas verticales del mismo pendolon, de modo que éste se encuentra proyectado horizontalmente según su cuadrado de escuadria 5-6-7-8. Sus diagonales 5-7, 6-8, que se cruzan en el punto S, son las proyecciones de las aristas de su pirámide ó punta. La línea *a e* es la traza horizontal del plano vertical que pasa por los ejes de las piezas de madera del cuchillo transversal, siendo además el eje de su proyeccion comprendida entre las paralelas 9-10, 11-12. La escuadria 15-16-17-18 del cuerpo del pendolon despues de su adelgazamiento, tiene un espesor igual al del cuchillo. Este método tiene la ventaja de poder dar al cuchillo transversal correspondiente al pendolon de caballete ó de peto, un grueso igual al de los demás cuchillos transversales de la cubierta; lo que, sin embargo, no es indispensable, atendido que este cuchillo contribuye al apoyo del pendolon, y además, este primer cuchillo transversal no debe soportar tanta superficie de cubierta como los demás.

Se trata ahora de establecer los cuchillos de las aristas y del trazado de las varias piezas que los constituyen, para lo cual ha de tenerse en cuenta que tanto los pares como las cuerdas, travesaños y demás piezas que entran en su composicion, deben desviarse, es decir, que el plano vertical que contiene sus ejes no debe coincidir con el plano vertical que contiene la arista de peto correspondiente á su cuchillo. La desviacion de un cuchillo de peto llena dos condiciones esen-

ciales con relacion á los ensambles de los pares y cuerdas de peto con los travesaños que sustituyen á los tirantes y puentes: 1.° economía en la madera; 2.° buen aspecto de los ensambles. Estas dos condiciones quedarán cumplidas siempre que, dado el espesor de la pieza de arista par ó cuerda, la línea de junta de la garganta *m n*, (fig. 484) de su ensamble con el travesaño, sea perpendicular á la proyeccion horizontal C D de la arista de peto, y esté comprendida exactamente en el ángulo B D E que forman los paramentos. Para obtener este resultado, levántese en D la línea D *y* perpendicular á C D; tómese sobre ella la distancia D *q* igual al grueso que deba tener la pieza de arista; por el punto *q* trácese la línea *q z* paralela á B D; por el punto *m* en donde corta á la línea D E, tírese *m n* paralela á D *y*. Esta línea *m n* es igual al grueso D *q* dado y perpendicular á la línea C D. Por los puntos *m n* se tiran las líneas 18-19, 20-21 paralelas á la proyeccion C D de la arista, las cuales determinan el espesor de la pieza de arista.

Son muchos los carpinteros que, para ahorrarse el trabajo de levantar una perpendicular y trazar dos paralelas, se valen del tanteo representado en la fig. 488. En este caso, suponiendo que *b d c* sea el ángulo que forman los muros, y *d c* la proyeccion de la arista, colocan sobre ésta el cateto mayor de la escuadra y una regla en el cateto menor, en la cual están señalados los dos puntos *m n* cuya distancia sea igual al espesor de la pieza que deba desviarse; hacen resbalar luego la escuadra y la regla á lo largo de la línea *c d* hasta que los puntos *m n* coincidan con las líneas *b d*, *d e*, en las cuales señalan estos puntos, trazando luego las líneas *m m'*, *n n'*, que dan la posicion de la pieza desviada.

Hay otro medio tambien, muy exacto y muy cómodo, en particular cuando se trate de piezas muy grandes, y para el cual sólo se requiere el empleo del compás. Supóngase que se tenga el ángulo recto *b d e* (figura 489) y la proyeccion horizontal *d c* de la arista; tómese con el compás la mitad del grueso que deba tener la pieza, la cual se lleva de *d* á *z*, y haciendo centro en este punto descríbase el círculo *d x y v;* haciendo centro en *d*, tómese *d m* igual á *d v* y *d u* igual á *d x*. Por los puntos *m* y *n* se trazan las paralelas *m m'*, *n n'* que determinan la posicion de la pieza de arista. Este método tiene la gran ventaja de poder aplicarse á ángulos tanto agudos como obtusos.

En el caso de que el travesaño no tenga el mismo ancho que el del par, se le desvia por los mismos procedimientos para que su situacion sea homóloga. En el presente ejemplo se ha supuesto que tienen ambos el mismo ancho. En la parte izquierda de la proyeccion horizontal se supone suprimido el par de aristas para que se vean con más claridad el travesaño *r* y el *can p* con el cual ensambla. El ensamble de los travesaños con el tirante *t*, debilitaria demasiado á éste por tener practicadas ya unas cajas para recibir el pendolon *q* de la mitad del tirante *d* de caballete. Los canes *p* disminuyen la longitud de los travesaños y mantienen la posicion del tirante *d;* su distancia al centro del pendolon es casi arbitraria, dependiendo generalmente de la longitud de las maderas que se empleen para los travesaños.

En cuanto á su posicion, la fija la ley de los homógolos paralelamente á las diagonales A'*k*, E'*k*, de los rectángulos C A'3 *k*, C E' 4 *k*, cuyo conjunto forma el plano del peto. Si estos rectángulos fuesen cuadrados, el travesaño se encontraria en la diagonal de cada uno de ellos, el can seria paralelo á la otra diagonal, de modo que se conservaria la misma relacion. Los canes se ensamblan á caja y espiga tanto en el tirante *t* como en el medio tirante *d*.

En la fig. 490 está espresada la proyeccion de este cuchillo de peto con relacion al par de la derecha, siguiendo el plano verti-

cal de la traza C D de la arista de caballete; y en la fig. 491, el pié de dicho par está indicado.

La distribucion de las cuerdas ó latas se efectúa dándoles distancias iguales y proporcionales á las longitudes de las tablas que se clavan en ellas y al peso que deban soportar. Los cuartones que forman la continuacion de las cubiertas hasta las piezas de arista tienen igual escuadria y se les da las mismas distancias. En cuanto á los cuartones de caballete, tanto su escuadria como su distancia se deducen de los de las cuerdas y cuartones de prolongacion.

Sea *i*, en proyeccion horizontal (fig. 484), un cuarton de una cubierta lateral ó de prolongacion, cuyas caras laterales están proyectadas sobre las líneas 41-45, 42-48, y cuyas prolongaciones encuentran en *j* y *j'* á la arista C D. Estos dos puntos determinan al propio tiempo la posicion y el grueso del cuarton de peto *æ*, cuyas caras verticales se proyectan sobre las líneas N-55, 52-58, pasando sus prolongaciones por los mismos puntos *j* y *j'*. De esta disposicion resulta que las cuerdas de peto no pueden moverse de ningun modo, atendido que prestan apoyo á los cuartones equilibrándoles.

En muchos casos y por razon de economia, los cuartones de peto se hacen con maderas de igual escuadria que las cuerdas de las cubiertas longitudinales, en cuyo caso se hacen coincidir las líneas de eje de aquéllos con las correspondientes de los de éstas; sin embargo, si bien se obtiene cierta economia en la madera, ya no existe uniformidad.

Los cuartones se ensamblan á caja y espiga en las cuerdas de peto, pero sin espera, no porque se crean éstas inútiles, sino porque se aumentaria la mano de obra, puesto que se considera que la resistencia de las esperas se suple por el número de ensambles. Por otra parte, el objeto de estos ensambles no es otro que determinar el sitio de cada cuarton en las caras verticales de las piezas de arista, aplicándoles muy á menudo á junta plana y reteniéndoles con pernos ó abrazaderas; más en este caso no resulta tan sólida la construcción.

PETO Ó CABALLETE OBLICUO SOBRE CUCHILLO OBLICUO Y CUARTONES INCLINADOS. La figura 492 representa la planta de un peto para el caso en que el cuchillo transversal, en vez de estar colocado perpendicularmente á los muros laterales del edificio, es paralelo al muro de peto, como ya se ha visto al tratar de la fig. 458.

A este peto se le puede considerar, tanto con relacion al modo cómo están situados los muros, como por el detalle de las formas de todas las piezas de madera, esceptuando las de arista, como el resultado de un movimiento dado al peto de la fig. 484, por el cual el punto B de esta figura pasa al punto B de la fig. 492, permaneciendo el lado ó paramento B E invariable.

La fig. 493 es la proyeccion vertical de un cuchillo semejante al de la fig. 485, de modo que vista de este modo, se presenta como si fuese un cuchillo transversal de la crujia. La fig. 494 representa el cuchillo de peto proyectado en un plano vertical paralelo á sus caras de paramento.

El método que se sigue para alabear las piezas de arista de un peto oblicuo es el mismo que se ha esplicado ya. Sobre la línea 4-*y*, perpendicular á C D, se toma 4-*q* igual al espesor que deba tener la cuerda de arista en el punto *q*; se traza una paralela á la línea de derrame 3-4 y por el punto *u* en donde corta á la línea 4 E', se traza la línea *w u*, que, como en el caso anterior, es perpendicular á C D á igual al espesor dado 4-*q*.

El segundo método para desviar ó alabear la pieza de arista por medio de arcos de círculo, se aplica igualmente á este ejemplo. Sea (fig. 495) el ángulo *e d b* igual al E D B del peto oblicuo; sea tambien *d e b* igual al ángulo recto E D B; tomando el pun-

to *z* como centro y con un radio *d r* igual á la mitad del grueso que se quiera dar á la pieza de arista, se marcan los puntos *v*, *x*, haciendo *d n'* igual á *d v*, *d n'* y *e p* iguales á *d x;* trácese la línea *n' p* que corta en *n* á la línea de arista *d b;* se toma *m m'* igual á *u u';* la línea *u m* será igual al grueso dado y perpendicular á *c d*, por ser igual y paralela á *u' m'*, determinada como si el peto fuese recto segun el ángulo *e d b'* y teniendo la misma línea *d c* para proyeccion de su arista.

La fig. 496 es una proyeccion vertical de este cuchillo segun un plano paralelo á sus caras de paramento, y la fig. 467 es la proyeccion vertical de la cuerda de arista en un plano vertical paralelo al que contiene á la pieza de arista ó par.

Las figs. 498 y 499 representan secciones de la pieza de arista de la derecha por planos perpendiculares á sus aristas, deducidas de la proyeccion vertical de dicha pieza en la fig. 497 y de su proyeccion horizontal (fig. 492). La fig. 498 representa el caso en que la cuerda está alabeada por la cara superior y ahuecada por debajo, y la figura 499 cuando está alabeada por la cara superior únicamente.

Atendida la oblicuidad del peto, y puesto que su cuchillo se encuentra en la prolongacion del cuchillo longitudinal de la cubierta, la cuerda *o* correspondiente al cuchillo de peto, ya no será seccion cuadrada, y estará inclinado segun la posicion que guarden sus dos caras verticales y las de pendiente entre sí.

Para determinar la verdadera forma de esta pieza, debe practicarse un corte perpendicular á sus aristas, representado por la fig. 500. Por el punto 28' de la fig. 496 bájase una perpendicular 28'-28' sobre las aristas de la cuerda *o*, que será la traza vertical de un plano perpendicular al de proyeccion y á las caras de la cuerda, y por consiguiente á sus aristas, cuyo plano tiene por traza la línea *x y* que pasa por el mismo punto 28' en la fig. 492, perpendicular á las proyecciones de las aristas de la cuerda.

La escuadria de esta pieza puede ser 4-*z* 2-*v* ó 4-*u*-*r*,-*t*, eligiéndose la que emplee menos madera si se emplean piezas desbastadas, ó la que dé menos merma si se deben desbastar.

Los aristas de la cuerda en la proyeccion *a'* son paralelas á las proyectadas en *a* (figura 494), y para determinarlas, deben trazarse las proyecciones del derrame sobre el tirante que, en la fig. 492, es el paralelógramo de 10-11-B-13, y cuyos ángulos están proyectados en los puntos de igual número de la línea O V (fig. 494). La línea C U de la misma figura es la proyeccion vertical y el tamaño verdadero de la línea proyectada horizontalmente en C E' (fig. 492), sobre la cual se establece el cuchillo trasversal oblicuo. Los ángulos del derrame que se deben trazar sobre la proyeccion *a'* deben encontrarse en las perpendiculares á la línea C U, tiradas (fig. 494) por los puntos 10-11-12-13, puesto que la proyeccion *a'* se encuentra en un plano paralelo á la línea C U, ó lo que es lo mismo, esta proyeccion representa la cuerda *a* de la fig. 492, una vez separada paralelamente sin que haya recibido ningun movimiento en sentido de su longitud, y habiendo dado un cuarto de revolucion para colocar su cara del interior hácia el exterior del cuchillo. Habiendo establecido la línea C' U' paralela á C U, la línea U' R' de derrame de la cuerda debe pasar por el punto U', en el cual la línea C' U' se cruza con la perpendicular U U'. Para trazar por este punto U' la línea U' R', es preciso construir, por medio de las figs. 492 y 493, el ángulo R' U' C' que la línea R' U' forma con la línea C' U'.

Si se hace girar el plano de la cubierta longitudinal al rededor de la línea R-4 (figura 492), siéndole la línea K C perpendicular, el punto C se aplicará sobre S, cuyo punto se obtiene haciendo R S de la fig. 492 igual

á R C de la fig. 493, y la línea U S es igual á la línea C U de la fig. 494. Se hubiera podido determinar igualmente el punto S describiendo por el punto E como centro (figura 492), un arco de círculo con un rádio igual á la línea U C ó á la U' C' de esta misma figura. El triángulo rectángulo S R E' es la verdadera figura del triángulo proyectado horizontalmente sobre el C R E', y su ángulo S E R es el que las aristas de la cuerda *a* forman con la línea de derrame E' 4. Luego, construyendo sobre la línea C' U' de la proyeccion *á* (fig. 494) un triángulo C' U' R' igual al triángulo S E' R (fig. 492), pero en sentido inverso, por representarse la cara inferior de las cuerdas, el ángulo C' U' R' será tambien igual al formado por las aristas de la cuerda con la línea de derrame. Así pues, los puntos 11', 13' de los ángulos de la proyeccion buscada del derrame se encuentran en las intersecciones de la línea R' U' y de las perpendiculares bajadas de los puntos 11 y 13 (fig. 494) sobre la línea C' U'

En el movimiento dado al plano de la cubierta longitudinal para rebatir el triángulo C E' R sobre S C' R (fig. 492), la línea entrante se ha proyectado sobre la línea *s r* paralela á E' R; su distancia á E' R se obtiene bajando desde el punto E (fig. 493) una perpendicular E *r* á R C, y llevando la distancia R *r* de R á *r* (fig. 492), y de R' á *r'* (fig. 494), para trazar *r' s'* paralela á R' U'. Esta línea *r' s'* es, en la proyeccion *a*, la línea entrante del derrame de la cuerda, y los puntos 10', 12', se determinan por las perpendiculares bajadas de los puntos 10, 12 sobre la línea C' U'. Los puntos 11', 13' de la línea R' U', y los puntos 10', 12' de la línea *r' s'*, pueden determinarse tomando la distancia de los puntos 11, 13, 10, 11, á la línea C R de la fig. 492 para llevarlos en la proyeccion *a* á partir de la línea G' R', cuyos dos procedimientos sirven de comprobacion mútua.

Con relacion á la espiga, se proyecta análogamente á lo que queda esplicado, así como tambien se determina la proyeccion del derrame de la cuerda *a'* y de su espiga con relacion á su ensamble con el pendolon.

Tambien se determina por los mismos procedimientos en *o'* (fig. 496), la proyeccion de la cuerda *o* sobre el plano de la cubierta, para lo cual se baja del centro C del pendolon (fig. 494) una perpendicular C Q sobre la línea 3-4 del caballete, se toma de C á Q la altura de G O (fig. 496), se traza la hipotenusa Q Z, y al triángulo Z Q C representa el perfil del caballete en un plano vertical segun la línea C Q. Tomando ahora sobre la perpendicular C Q, la distancia Q Z', igual á la hipotenusa Q Z, la nueva hipotenusa K Z' será la verdadera dimension de la línea proyectada horizontalmente en C K. El ángulo 3 K Z' es el formado por la línea del centro de la cara superior de la cuerda de caballete y la línea de derrame 3-4. Se traza la línea C' K' paralela é igual á C K y, por consiguiente, á K Z, por medio de dos perpendiculares iguales C C', K L'; por el punto K de la línea C' K' se traza el ángulo C' K' L igual al ángulo 3 K Z' del plano, por medio de los arcos de círculo iguales *x y*, ó bien se construye en sentido inverso el triángulo rectángulo C' Q' K', cuyos tres lados son iguales á los lados del triángulo Z Q K de la fig. 494. Para la proyeccion de las espigas y derrames, se procede como anteriormente.

Para no complicar demasiado las figuras, el cuarton *æ* se ha dibujado aparte en la figura 501, en un plano vertical paralelo á sus caras verticales, é inclinado hácia la izquierda. Sus aristas son paralelas á las de la cuerda *o*, (fig. 496) y pasan por los puntos 51-52-53-54 de la proyeccion horizontal, sobre la línea Q M que representa el nivel de la superficie superior de las soleras. El derrame de la espera es un rectángulo vertica, cuyos lados verticales están proyectados horizontalmente en 51 y 52 (fig. 492), segun

las verticales 51-51', 52-52' (fig. 501), cuya longitud es igual á la cantidad de espera determinada. El paralelógramo 51-51', 52'-52 es la proyeccion del derrame de la espera en la solera. Con relacion al ensamble del cuarton con la cuerda de arista, la proyeccion de su derrame y de su espiga se obtiene por medio de las verticales 55-55', 58-58', que encuentran á las proyecciones de las aristas, y dan, para figura de derrame del cuarton, el paralelógramo 55-55'-58'58. Tomando la altura O C de la cubierta (figura 493), y llevándola de G á M (fig. 501), y proyectando el punto 4 en M, la línea M H será la proyeccion de la línea de arista en el plano de la fig. 501. Si la operacion está bien ejecutada, las líneas 55-58, 55'-58 serán paralelas á la línea M H.

A primera vista parece que la oblicuidad de los ensambles de las cuerdas *a, o,* deba ofrecer algun inconveniente; mas no es así, puesto que se trata solamente de mantenerlas en su sitio en las caras del pendolon, y no ejercen un gran esfuerzo en los tirantes; no obstante, no sucede lo mismo con la oblicuidad de los ensambles de los pares, por sostener éstos todo el peso de las cubiertas. Considerando por un instante las piezas *a, a,* como si fuesen pares, de la oblicuidad de su posición relativa al pendolon, resulta que tiende á resbalar lateralmente é inclinar á éste, desviándole de su eje vertical O C; y, si bien la pieza *o,* considerada tambien como par, tiende á obrar en sentido contrario, no pueden de ningun modo contrarrestar el esfuerzo de los primeros. Para impedir esta torsión, es preciso establecer esperas en los ensambles que les conviertan en ensambles rectos; de otro modo la torsion podria hender el pendolon ó romper las espigas.

La fig. 502 representa un ensamble de esta clase. La proyeccion horizontal representa dos pares *a, a'* ensamblados en un pendolon *g,* cuyas tres piezas están inclinadas siguiendo la oblicuidad del caballete. En la proyeccion vertical está representado el par *á* cuya espiga termina en el plano proyectado en la línea 6-5', y horizontalmente en la línea 5-6.

La espiga lleva dos esperas que le sirven de costados, que no se encuentran en el mismo plano; sus emplazamientos se determinan por la oblicuidad del ensamble; sus derrames y el de la espiga se encuentran en un mismo plano, proyectado verticalmente sobre la línea 6-1; el derrame comun se halla en la proyeccion horizontal en 1-2-3-10-5-6-7-8. Los dos planos de aplicacion, esto es, las esperas labradas en el pendolon, están proyectadas verticalmente sobre las líneas 3-2', 8-9, y horizontalmente segun los trapecios 2-3-10-11, 9-7-8-12. Están representadas vistas de frente por los trapecios 2'-3-5-11, 9'-6-8-12, en la proyeccion (fig. 503) trazada sobre un plano vertical perpendicular á los dos planos de proyeccion de la fig. 502, y la extremidad de la espiga está representada por el trapecio 5'-5-6-6'.

Con relacion al ensamble de este mismo par con el tirante, el inconveniente que ofrece la oblicuidad consiste en que todo el esfuerzo ejercido carga sobre el ángulo agudo del derrame, que, si bien puede ser muy débil para poder resistir, sin embargo, puede tener fuerza suficiente para romper á la caja. La fig. 504 representa la proyeccion horizontal del tirante *t* cuya caja lleva dos esperas y la proyeccion vertical de un par inclinado *a,* con espiga y dos esperas, que no se hallan en un mismo plano, sino en dos planos paralelos. Las líneas fuertes representan el fondo de la caja; las menos fuertes indican su parte inclinada, y las finas son el *paso* de las esperas rectangulares.

PETO Ó CABALLETE INCLINADO SOBRE CUCHILLO RECTO Y CUARTONES OBLICUOS. Este es el caso en que el cuchillo transversal sobre el cual apoya el peto, es perpendicular

al cuchillo longitudinal, como generalmente se ejecuta en un caballete comprendido en el trapecio 17 18 19-20 (fig. 408).

La fig. 505 representa la planta del peto, en la cual todas las piezas están vistas en proyeccion horizontal, y las líneas A B, B D, D E, son, como en el ejemplo anterior, las trazas de los paramentos interiores de los muros. El ángulo B D E es de 78°; y como la longitud de la línea B' D es de 6 metros la línea B' B que da la oblicuidad es de 1'28^{m}.

La fig. 506 es la proyeccion vertical del cuchillo transversal colocado sobre la línea A E del plano perpendicular á la línea C F, sobre la cual se encuentra el cuchillo de peto ó terminacion del longitudinal paralelo á las fachadas del edificio. Las aristas de peto están proyectadas horizontalmente sobre las líneas C 3, C 4, siendo el punto C el centro del pendolon. En cuanto á las piezas *a*, *o*, se considerarán como cuerdas hallándose la pieza *o* cortada oblicuamente á causa del sesgo del peto. El pendolon, el cuchillo transversal y los pares están desviados como en el ejemplo precedente.

La fig. 507 es una proyeccion del par de la derecha en un plano vertical paralelo al que tiene por traza á la línea C 4.

Los emplazamientos de los cuartones de peto se deducen, como anteriormente, de los emplazamientos de los cuartones colocados en los muros longitudinales, hallándose espaciados como las cuerdas.

El cuarton *i* es recto, esto es, perpendicular á sus líneas de derrame y de garganta como las cuerdas de los planos longitudinales y como la de la figura 484. El cuarton de peto correspondiente *æ* deberia desviarse como el de la fig. 492, por ser tambien paralelo á la cuerda de peto *o*; pero los carpinteros prescinden á veces de ello para economizar material y trabajo, con lo cual resulta únicamente de ello falta de uniformidad en la parte interior de los cuchillos. Para ello, cuando los petos son inclinados dejan de achaflanar los cuartones, colocándoles en la misma direccion que tendrian si lo estuviesen, inclinándoles para que sus caras superiores se sostengan en el plano de la cubierta.

En la fig. 505, *æ* es el cuarton inclinado, cuyas proyecciones es indispensable determinar, así como tambien el asiento de su espera en las soleras y su ensamble en la cuerda de arista.

Sea *p r* paralela á C K, proyeccion de la línea del centro de la cara superior del cuarton inclinado, como lo seria igualmente tambien de un cuarton sesgado. Si por esta línea se hace pasar un plano perpendicular á la cubierta, éste será paralelo á las caras laterales del cuarton inclinado; su traza sobre el plano horizontal de las soleras es paralelo tambien á las trazas de estas mismas caras que se trata de hallar. Por el eje del pendolon proyectado horizontalmente en el punto C, se hace pasar un primer plano vertical perpendicular al plano de la cubierta de peto; haciendo girar este plano al rededor de su traza horizontal C Q perpendicular á la línea 3-4; el eje del pendolon se aplicará sobre C Z perpendicular á C Q; la línea Q Z se encontrará en este plano rebatido, y representará la pendiente de la cubierta.

Supóngase igualmente que por el punto *p* pasa un segundo plano vertical paralelo al primero, su traza *p q* será paralela á C Q. La proyeccion del punto *p*, sobre el primer plano vertical, se encontrará en P, en la línea Q Z, por hallarse el punto proyectado en *p* sobre la superficie de la cubierta. Si se supone que por este punto *p* pasa una perpendicular al plano de la cubierta, esta línea se proyectará sobre el primer plano en P S; S es la proyeccion del punto S' en donde esta perpendicular corta al plano horizontal que pasa por encima de las soleras; por consiguiente, pasando el plano perpendicular á la cubierta por la línea *p r* del centro del

cuarton, su traza horizontal será la línea *r*S'.

Haciendo girar ahora el plano de la cubierta de peto proyectada horizontalmente en 3-C-4, al rededor de la línea 3-4, que es su traza sobre el plano horizontal, la línea Q Z se aplicará sobre su proyeccion horizontal Q C prolongada, y el punto proyectado en C se aplicará á Z'. La cubierta de peto proyectada en 3-C-4, se encontrará rebatida sobre el plano horizontal en su verdadero tamaño 3-Z'-4. El punto proyectado en *p* ha pasado á *p*', y la línea *p*' *r* es la línea del centro del cuarton, tal como se encuentra en el plano de la cubierta 3-Z'-4. Por el punto *x* de la línea *p*' *r* prolongada exteriormente, levántese una perpendicular sobre la cual se toman *x z*, *x y* iguales á la mitad del grueso de la madera destinada al cuarton; por los puntos *x*, *y* se trazan dos rectas *z*-51, y-52, paralelas á la línea *p*' *r*, que se encontrarán en el plano de la cubierta, y serán las aristas del cuarton y las proyecciones de sus caras laterales; la parte 51-52 de la línea de derrames comprendida entre estas dos líneas es la línea de derrame del cuarton, resultante del movimiento de rotacion del plano de la cubierta de peto en que aquél se encuentra ahora, sin que las aristas hayan dejado de pasar por los puntos 51, 52. Por estos mismos puntos se trazan las líneas 51-54, 52-53, paralelas á la traza horizontal *r* S' del plano perpendicular á la cubierta; el cuadrilátero 51-52-53-54 representa el apoyo del cuarton sobre el plano de las soleras, hallándose sus cuatro aristas paralelas proyectadas sobre las líneas 51-51', 52-52', 53-53', 54-54' paralelas á *p r*. Para proyectar verticalmente el cuarton en el plano de arista, se trasladan los puntos 51, 52, 53, 54 sobre la horizontal *d* D de la fig. 507, que es la proyeccion vertical del par ó pieza de arista, y los puntos 51', 52', 53', 54', sobre las proyecciones verticales de las aristas correspondientes de este mismo par.

La ocupacion del cuarton inclinado sobre la cara vertical del par está representada por el paralelógramo 51'-52'-53'-54', en cuyo centro se encuentra la esclopeadura ó caja 1-2-3-4. Las aristas de la parte de la espiga correspondientes á los rebajos del ensamble pasan por los puntos 3, 4 de los costados de esta caja, que dividen á la línea 52'-53' de la proyeccion horizontal y de la proyeccion vertical en tres partes iguales, siendo paralelas á las aristas del cuarton; en proyección horizontal terminan en los puntos 55 y 56 de la traza *u v* del plano vertical, que divide el espesor de la cuerda ó par de arista en dos partes iguales, para que las espigas de los cuartones de ambos lados tengan igual longitud. Los dos puntos 55 y 56 de la proyeccion horizontal son los mismos en la proyeccion vertical (fig. 507); las líneas 55-57, 56-58, tiradas por los puntos 55, 56 paralelas al lado 51'-52' de la ocupacion, señalan la longitud de las espigas en proyeccion vertical. En cuanto al derrame de la espiga, atendido que es perpendicular á la cara vertical del par que recibe el ensamble y que pasa por la línea 51-54', quedará proyectado verticalmente en esta misma línea. Para obtener en proyeccion horizontal sus aristas formadas por sus intersecciones con los costados de la espiga que son paralelos á las caras superiores é inferiores del cuarton, es preciso trazar en proyeccion horizontal una línea paralela, como por ejemplo, la interseccion de la cara superior del cuarton con el plano del derrame. Este plano de derrame de la espiga, cuya traza en la cara vertical del par de arista es la línea 51' 54' prolongada hasta el punto H, tiene por traza horizontal á la línea H J perpendicular á la línea 20 *w*, que es la traza ó proyeccion de la cara vertical del par que recibe al cuarton. Hallándose los puntos J y 51', al propio tiempo, en el plano de derrame y en la cara superior de la cuerda, que es el plano de la cubierta, la línea J-51' es la proyeccion horizontal de su

interseccion á la cual deben ser paralelas las aristas 1-58, 2-57 del derrame de la espiga.

Se ha dicho ya que las aristas que pasan por los puntos 1, 2, dividen la línea 51'-54' en tres partes iguales: luego el paralelógramo 55-56-58-57 es la proyeccion vertical de la estremidad de la espiga. La coincidencia de los puntos 1, 2, 57, 58 de la proyeccion horizontal con los mismos puntos de la proyeccion vertical sobre las líneas perpendiculares á la línea O D, será un medio exacto de comprobacion, al cual debe acudirse siempre para tener la seguridad de la buena resolucion del problema.

En la fig. 509, *æ* es la proyeccion del cuarton inclinado sobre el plano de la cubierta formando el ángulo Q-4-Z' igual al mismo ángulo en la fig. 505; Q-4 es la línea de derrame; 4-2' es la arista de caballete. Habiendo bajado del punto *f* (fig. 505) en donde la línea C Q corta á la línea B D de los ensambles, una perpendicular *f h* sobre Q Z, tómese Q *h*, igual á Q *h* (fig. 509), sobre una perpendicular á la línea Q-4. La línea *h n*, trazada paralelamente á Q 4, será la proyeccion de la línea B D (fig. 505) sobre el plano de la cubierta. Tómese 4-*w* y 4 *n*' (fig. 509) iguales á 4-*w* y 4-*n*' de la figura 505; por el punto *n*' levántese una perpendicular á Q-4, y su cruce determinará el punto *n*, que es la proyeccion del mismo punto de la fig. 505. Las líneas *w*-20 y *n*-20' (figura 509) paralelas á la arista 4-Z', serán las proyecciones de las aristas de la cara vertical del par de caballete. Tómense 4-*r* y 4 *p*' sobre los lados del ángulo Q-4-Z' (fig. 509), iguales á las mismas líneas tomadas sobre el ángulo igual Q-4 Z' de la fig. 505, y la línea *r*-*p*' será, como en esta figura, la línea del centro del cuarton inclinado. Levántese por uno cualquiera en sus puntos *x* una perpendicular *z y*, haciendo, como anteriormente, *x z* y *x y* iguales á la mitad del grueso del cuarton; las líneas 51-51', 52-52', paralelas á la línea *r p*' y que pasan por los puntos *x*, y *y*, serán las proyecciones de las caras perpendiculares del cuarton. El paralelógramo 51'-52'-53'-54' será su seccion ó su aplicacion sobre la cara vertical del par de arista. El paralelógramo 1-2-3-4, que ocupa el tercio central, representa la entrada de la caja ó escopleadura ó el arranque de la espiga cuyo derrame está limitado por los puntos 1, 2, paralelamente á la línea 51'-J. La posicion de los puntos 57, 58 sobre las aristas del derrame, se determina por dos líneas paralelas á la línea 4-Z' cuyas distancias á esta línea son iguales á los anchos de las proyecciones de la caja y de sus costados en la cara vertical del par de arista; estas mismas líneas 56-58, 55-57 marcan el estremo de la espiga, cuyo derrame está proyectado por el paralelógramo 1-2-57-58.

Peto ó caballete oblicuo, cuartones rectos. La fig. 508 representa un fragmento de la proyeccion horizontal del mismo peto oblicuo de la fig. 505, sólo que en ésta el cuchillo de caballete no es como en aquella paralelo á los muros longitudinales, sino perpendicular á la línea B D; y en vez de estar los cuartones desviados y tener su seccion oblicua, están colocados rectos y su seccion es un cuadrado.

Para un peto muy sesgado se podria colocar el cuchillo de peto en la prolongacion del eje longitudinal de la crujia y los cuartones perpendiculares á la arista del paramento oblicuo, con el fin de emplear maderas de seccion cuadrada y sin desviar, cuyo caso está representado en la fig. 510, en la cual las proyecciones de los ejes de los cuchillos están indicadas por líneas fuertes y las de las cuerdas por líneas finas. Las cuerdas del peto cruzan al cuchillo de peto *c f*, pudiéndose tambien colocar una cuerda desviada en el cuchillo de peto ensamblando en ella una parte de las restantes cuerdas cortadas por la misma.

A propósito de este croquis, debe observarse que, si el sesgo de un peto fuese tal

que el ángulo *b* coincidiese precisamente en el eje del cuchillo transversal *e b*, la cuerda de este cuchillo deberia estar desviada de modo que presentase una cara en la parte longitudinal y otra cara en el peto para formar la arista. En fin, si el sesgo del peto tuviese la posicion *d b'*, habria tan sólo mitades de cuchillos ensambladas en *c* en el pendolon, esto es: medio cuchillo de la parte longitudinal *c e*; medio cuchillo de peto *c f*, y dos medios cuchillos de arista *c b'*, *c d'*.

ARISTA ENTRANTE (LÍNEA HOYA) Ó CANAL Y CUARTON RECTO. La fig. 511 es una proyeccion horizontal del nudo de las crujias de la figura 408, comprendidas en el rectángulo 9, 10, 11, y 12, y representado en conjunto en las figs. 512 y 513; las líneas D A, D B son las trazas horizontales de los paramentos interiores de los muros que forman el ángulo entrante de la union de las crujias; siendo tambien las líneas de union de las cuerdas con las soleras.

La fig. 511 es el perfil comun á ambas crujias, tomado perpendicularmente á su longitud, y proyectado sobre un plano vertical que pasa por el eje del pendolon, segun la línea O E de la planta. Las alturas O C, O G de la cubierta son iguales á O C, O G de los moldes anteriores, y las pendientes C 4, G E, están construidas del mismo modo que ya se ha descrito. Las líneas de apoyo 4-3, 4-2, de la proyeccion horizontal se han deducido de este perfil; *t* es el tirante; *g* el pendolon; *a*, *a* son las cuerdas ó pares de arista correspondientes; la cumbrera *f*, cortada por el plano vertical de proyeccion, está representado por el pentágono *c i b d e*.

En la proyeccion horizontal, el pendolon, cuyo centro está en O, se halla proyectado segun el cuadrado 2-3-4-5, terminando en punta de diamante; *f f f f* son las cuatro cumbreras ó pares de aristas salientes que se ensamblan en él á caja y espiga que le atraviesan de parte á parte; las cuatro espigas se ensamblan á inglete, tal como están proyectadas en la planta; las cuatro canales ó aristas entrantes *h*, *h*, *h*, *h*, reciben cada una de ellas una arista vertical del pendolon. Los pares de los cuchillos entrantes, que no están representados en la figura, están emsamblados en el pendolon á caja y espiga con espera, y la punta de éste debe tener en el espacio destinado á los ensambles una escuadria mucho mayor para que presente superficies de aplicacion perpendiculares á las direcciones de las canales.

El espesor de la pieza entrante está dividida en dos partes iguales por medio de la línea hoya. El paso de la canal sobre el tirante está representado en proyeccion horizontal, por el perímetro *n* D *m u* 4 *w n*.

La fig. 514 comprende una proyeccion vertical de la canal, suponiendo que se haya hecho girar todo el cuchillo entrante al rededor del eje vertical C O del pendolon, hasta que el plano vertical que pasa por la arista entrante O D, se confunda con el plano de proyeccion vertical; la línea O D' de esta proyeccion es igual á O D de la proyeccion horizontal, y la línea O-4' es igual á la línea O 4. Las líneas G D', C 4' son paralelas; esta última es la proyeccion de la arista entrante; la primera es la proyeccion de la arista saliente.

Al lado de la proyeccion vertical del par entrante *h* se encuentra otra proyeccion *h'* del mismo, en un plano paralelo á la arista entrante y perpendicular al plano de la proyeccion vertical; este par está visto por encima.

El ancho de este par está tomado en la proyeccion horizontal, y sus puntos están proyectados en *h'* por medio de perpendiculares á las aristas; los rebajos están trazados por medio de las proyecciones de los puntos 20 y 20' sobre las líneas que van á parar á los puntos C' G', que son las proyecciones de los puntos C y G.

Si por el punto *z* de la línea horizontal C F, que es la proyeccion vertical de las

aristas de las cumbreras, se baja sobre la línea C' D" una perpendicular *z x*, y se prolongan hasta esta línea las de rebajo 22-21, las líneas *v x* deben ser iguales á las *v x* de la proyeccion horizontal, á causa de que las líneas 22-21 se encuentran en los planos de las dos cubiertas que forman la canal.

Por el punto E y el punto H, tomado en proyeccion horizontal, en la prolongacion A D, B D, de las líneas de rebajo, trácese la línea H E que será perpendicular á la línea entrante O D; hágase, en la proyeccion vertical de esta misma línea O R" igual á O R, y por el punto R". bájese una perpendicular R R" á la línea entrante C 4'. Esta línea será la traza vertical de un plano perpendicular á la cuerda entrante, siendo la línea E H su traza horizontal. Si se hace girar este plano al rededor de dicha traza, para rebatirle sobre el plano horizontal, haciendo al propio tiempo R *p*, R *q* iguales á R" *p*', R" *q*' de la proyeccion vertical, por el punto *p* se tiran las líneas *p* H, *p* E, y por el punto *q* dos paralelas *q*-1, *q*-4 á las expresadas dos líneas, éstas serán las intersecciones del plano perpendicular á la cuerda entrante con los planos superiores é inferiores de las dos cubiertas, siendo el corte de la cuerda el exágono 1-2-*p*-3 4 *q*, habiéndose representado en la fig. 515 la escuadria de la pieza de maderas que debe tener esta cuerda entrante.

Por medio de una operacion análoga en la proyeccion *h* se traza el asiento del mismo. Los puntos D' y 4' de la proyeccion *h* se proyectan en D" y 4" sobre la arista entrante de la proyeccion *h*', haciendo R' H', R' E iguales á R H, R E de la proyeccion horizontal. Las líneas D" E', D" H' son las proyecciones de las líneas D E, D H de la proyeccion horizontal; sus prolongaciones y las paralelas trazadas por el punto 4", dan la forma de la planta *w n* D" *m n* 4" de la cuerda hoya. Si la operacion ha sido bien ejecutada, las líneas que unen los puntos *m*, *n* y los puntos *u*, *w*, en la proyeccion *h*', serán perpendiculares á la línea C' D", al igual que en el paso de la cuerda entrante en la proyeccion horizontal.

En la proyeccion horizontal está proyectado en *i* un cuarton que se apoya en la cara vertical de la cumbrera, ensamblando á caja y espiga en la cuerda entrante; su espiga está proyectada por líneas de puntos, y verticalmente está proyectada toda ella sobre la cuerda *a* de la fig. 514; la proyeccion vertical de su espiga se ha hallado por los mismos procedimientos que se han esplicado; la caja que debe recibirla se proyecta en la cuerda entrante por los mismos procedimientos tambien. En *i*' se encuentra la proyeccion de este cuarton colocado de modo que se vea la más corta de sus caras verticales, que es la más próxima al pendolon.

La fig. 516 es una proyeccion vertical de la extremidad de una pieza de cumbrera ensamblada en el pendolon, que está trazado de puntos para que se vea la espiga.

Siempre que por efecto de la distribucion de las cuerdas los primeros cuartones no tengan espacio suficiente para su completo ensamble en las soleras, á causa de sus ensambles con las piezas entrantes é independientemente de éstas, se les trunca entonces segun los planos verticales de las mismas y sobre las cuales deban apoyar, como está espresado en *a* y *o* de la fig. 517.

PIEZA ENTRANTE OBLICUA, CUARTON REBAJADO Y CUARTON ALABEADO. Las figs. 518, 519, 520 y 521 contienen el tramado de los ensambles del caballete oblicuo comprendido en el cuadrilátero 13-14-15-16 de la figura 408.

En este caso, las piezas entrantes comprendidas entre cubiertas iguales en ancho y en alto, sea cual fuere el ángulo que formen las crujias en la planeta, no se desvian nunca, como se verá luego. Las esplicaciones que se han dado para el caso anterior se aplican igualmente al presente, de modo que bastarán las indicaciones más indispensables.

La fig. 518 representa la planta de la punta de la cubierta general. Las líneas Q P, D B, que son prolongacion una de otra, son las trazas de los paramentos interiores de uno de los muros de una crujia. Las líneas P N, D A son las trazas de los dos paramentos paralelos de una crujía que forma nudo con la primera. El pendolon O está labrado siguiendo la inclinacion ó ángulo que forman las dos crujias al encontrarse, y como éstas son iguales en ancho, la proyeccion del pendolon formará un rombo. Por el mismo motivo, los pares entrantes *h, h, k, k,* son iguales de dos en dos, esto es, los que son prolongacion unos de otros; los más largos *h, h,* corresponden al ángulo agudo A D B, y los más cortos al ángulo obtuso Q P N. Las cuatro cumbreras *f f* se ensamblan en el pendolon que las sostiene; sus espigas se unen á inglete en él, los pares entrantes y las cumbreras están rebajados, y las aristas verticales del pendolon penetran en la parte estrecha de las esperas de las canales en las cuales apoyan simplemente.

La fig. 519 representa el corte de una de las crujias por un plano vertical perpendicular á los muros P N, D A, en el cual se proyecta uno de los cuchillos transversales.

La fig. 520 es una proyeccion del cuchillo entrante de la derecha, en un plano vertical que pasa por la arista hueca de la canal, cuya traza es la proyeccion horizontal de la arista entrante C D 4, que se hace girar al rededor de esta traza para rebatirla sobre el plano del dibujo.

La fig. 521 es la proyeccion del otro cuchillo entrante de la izquierda, sobre un plano vertical cuya traza horizontal está representada por la línea O P. Los planos de proyeccion de las canales se han separado paralelamente á sí mismos para evitar la confusion de las líneas.

En las figs. 520 y 521 la extremidad del pendolon se ha proyectado por medio de verticales correspondientes á los ángulos que tiene en proyeccion horizontal; las alturas O C, O G están tomadas de la fig. 519, en la cual son iguales á las de los pendolones de los ejemplos precedentes. En la fig. 520, el par de arista está proyectado en *h'* sobre un plano paralelo á sus aristas y perpendicular al de la proyeccion *h*.

En la fig. 518 están indicadas tres clases de cuartones: el cuarton *i* es recto y perpendicular á la pieza de arista de la cumbrera O *f*-57, en la cual apoya, ensamblándose por el otro extremo en la pieza entrante. Este cuarton es de la misma especie que el de la canal recta de que ya se ha tratado. Está proyectado en la fig. 519 junto con su espiga y la caja que debe recibir á ésta, y en la fig. 520 por el paralelógramo 50-51-52-53 en medio de la ocupacion limitada por trazos. Para trazar en la proyeccion *h'* la caja que debe recibir á la espiga del cuarton, se tiran por los puntos 50, 51, 52, 53, de la proyeccion *h*, perpendiculares á la línea de proyeccion de la cara en donde se encuentra dicha caja, y por estos puntos se trazan las líneas 50-51', 51-51', paralelas á la línea 54-55, correspondientes á la parte inclinada de esta caja, y para el derrame se tiran las líneas 52-52', 53-53' paralelas á 56-57. Las líneas 54-55, 56-57 son, en la proyeccion *h'*, las proyecciones de las líneas del plano de la cubierta, correspondientes á los mismos números de la proyeccion horizontal, y se determinan haciendo 54'-54 y 57'-57 de la proyeccion *h'* iguales á las mismas líneas de la proyeccion horizontal.

En *e* el cuarton está rebajado; dos de sus caras son verticales, y difiere del caballete ó peto oblícuo en que en vez de ensamblarse su punta superior en una pieza de arista, se ensambla por su parte inferior en una pieza entrante. En cuanto á los procedimientos de construccion, son los mismos que se han descrito. Este cuarton está proyectado verticalmente junto con su espiga en la fig. 519, entre las líneas que representan el espesor

de la cubierta; la caja correspondiente está marcada en la fig. 521, en la cara vertical de la pieza entrante.

El tercer cuarton está proyectado horizontalmente en *o;* está inclinado por las mismas causas que se han expuesto al tratar del cuarton inclinado del peto oblícuo representado en las figs. 505, 506 y 507, cuyos procedimientos gráficos son idénticos, sólo que, para obtener en proyeccion horizontal el espesor del cuarton, en vez de hacer girar el plano de la cubierta que le contiene al rededor de la línea de derrame de la solera de peto, se le hace girar al rededor de la arista *q l* de la cumbrera en que apoya el cuarton y que le sirve de espera para que sea horizontal, cuyo movimiento permite estudiarle como si fuese el plano de proyeccion horizontal.

La línea central *r p* de la cara superior del cuarton está proyectada horizontalmente y trazada paralelamente á la cumbrera del edificio, uno de cuyos muros está representado por la línea P Q. Desde el punto *p* se baja una perpendicular *p q* á la línea *q l* de la cumbrera, cuya perpendicular es la proyeccion horizontal y la traza del plano vertical en la cual se mueve el punto *p* durante la rotacion del plano de la cubierta al rededor de la horizontal *q l*. Los puntos *p q* están proyectados verticalmente en *p s*, y la línea *p s* es la verdadera dimension de la línea proyectada horizontalmente en *p q;* si se toma esta distancia de *q* á *p'* en el plano horizontal, *r p'* será la línea central del cuarton, cuya cara superior se encuentra en el plano de la cubierta, una vez haya tomado la posicion horizontal que se le ha supuesto; por un punto *x* de esta línea prolongada levántese una perpendicular en la cual se toma *x z* y *x y* iguales á la mitad del espesor del cuarton; las paralelas *y v*, *z u* son las proyecciones de las caras del cuarton perpendiculares á la cubierta, considerado horizontal siempre, y los puntos 51, 52 en donde cortan á la línea *q l*, son dos puntos al rededor de los cuales han girado las aristas de la cara superior del cuarton, al ir siguiendo el movimiento de la cubierta; por consiguiente, trazando por los puntos 51-52, dos paralelas 51-56, 52-62 á la línea *r p*, éstas serán las proyecciones horizontales de dichas aristas sobre el plano de la cubierta una vez haya adquirido su verdadera posicion.

Considerando nuevamente el plano de la cubierta en la situacion horizontal que se le ha dado, se traza la línea *v u* paralela á *q l* á una distancia igual á *s v* (fig. 519), determinada por la perpendicular bajada del punto *t* sobre la pendiente de dicha cubierta. Esta línea *u*, *v* (fig. 518) se encuentra sobre este plano; el paralelógramo 51-52-*v*-*u* representa la figura de la cara de aplicacion del cuarton en esta cara vertical de la cumbrera, proyectada en el plano de la cubierta supuesta horizontal. Bajando de los puntos *u*, *v* las perpendiculares *v*-53, *u*-54 á la cumbrera, representarán los planos en los cuales se mueven los puntos *u*, *v* al volver el plano de la cubierta á su verdadera posicion; estas rectas determinan en la cara vertical de la cumbrera proyectada sobre la línea *q l*, los puntos 52, 54 por los cuales pasan las proyecciones horizontales 53-63, 54-64 de las aristas paralelas á la línea *r p*. Los puntos 61, 62, 63, 64 en que las aristas del cuarton encuentran á la cara vertical de la pieza entrante proyectada en *a w*, trasladadas á las aristas de su cara vertical aparente (fig. 520), dan los cuatro vértices de los ángulos del paralelógramo 61-62-63-64, que indica la ocupacion del cuarton inclinado sobre la pieza entrante. Para comprobar la posicion de los lados 61-64, 62-63 de esta ocupacion, se construye directamente la traza de una de las caras laterales del cuarton sobre la cara vertical de la pieza entrante; la arista 52 62 de la proyeccion horizontal (figura 518), se prolonga hasta encontrar el

punto *v* de la línea de derrame paralela á P N prolongada; el punto *v* se encuentra en el plano de una de las caras del cuarton perpendicular á la cubierta; la línea *p' q* prolongada, es la proyeccion de una perpendicular al plano de la cubierta en el punto 62, la cual, encontrándose en la misma cara lateral del cuarton, se proyecta verticalmente segun la línea 62-*e* (fig. 519), cortando al plano horizontal en el punto *e'*; así, la línea *v-e'* es, en el plano horizontal, la traza de la cara del plano lateral del cuarton. Esta línea corta en *j* á la traza de la cara vertical de la pieza entrante que recibe el ensamble; poniendo el punto *j* en proyeccion vertical en *j'* (fig. 521), la línea 62-63 prolongada debe pasar por este punto *j'*. La proyeccion de una de las aristas 52-62 se obtiene trasladando el punto 52' de la proyeccion horizontal, sobre la proyeccion vertical de la arista de caballete. El cuarton inclinado está proyectado verticalmente en *o*, sobre el par *a* (fig. 519).

Pares ó piezas entrantes y salientes cuyas caras de ensamble son perpendiculares á la cubierta. Sean A B D, *a b d*, (fig. 522) las líneas de derrame correspondientes al ángulo de una crujia, B C la proyeccion de una arista que separa un muro longitudinal de un muro de peto; *m n* el espesor de un par de arista rebajado; *m m'*, *n n'*, paralelas á B C, son las proyecciones horizontales de las aristas inferiores de una de estas piezas.

Sea (fig. 523) el perfil de un muro de peto inclinado hácia la derecha, que ha girado al rededor de la horizontal O D, que es la traza vertical de la planta de las soleras. Sea, en fin (fig. 522), el ángulo *m g h*, seccion de la cubierta longitudinal, inclinada á la izquierda al girar al rededor de la horizontal *m g* en el plano de las dos soleras; bajando de los puntos *m* y *n* perpendiculares á los planos de las dos cubiertas, se proyectarán horizontalmente sobre *m g*, *n f*, y verticalmente sobre *m p' b q'*; *p* y *q* son en proyeccion horizontal los puntos en donde las perpendiculares cortan á los planos de las cubiertas, cuyas perpendiculares se encuentran en las caras normales á éstos; por consiguiente, las líneas Q R, P S son las proyecciones de las aristas superiores del par, cuyas caras de ensamble, comprendidas en los espesores de las cubiertas, son perpendiculares á las superficies de las mismas.

Sean (fig. 524) A B D, *a b d*, las trazas de los ángulos de los dos muros longitudinales y de los dos muros de peto, en un plano perpendicular al par. Este caballete se obtiene por el mismo procedimiento que se ha descrito al tratar del caballete recto y cuartones rectos, por medio de un corte practicado en el par del caballete recto. El ancho del par en el interior de la cubierta es igual, en este caso, á *m n* de la proyeccion horizontal, sus caras son normales á las cubiertas; teniendo por traza las líneas *m p*, *n q*, y su seccion perpendicular está representada por el pentágono *B p m n q;* los lados B *p*, B *q*, corresponden á las caras rebajadas. Los ángulos B *q n*, B *p m* de esta seccion son rectos, por lo tanto, las piezas escuadreadas en las cuales se les podría inscribir, están indicadas por los cuadriláteros *q*-1-2-3, *p*-4-5-6, que presentan ambos para la pieza en que deba labrarse el par, una superficie de escuadria mayor que la del rectángulo *m*-*n*-7-8 que es la escuadria que basta para el par, cuyas caras de ensamble son verticales. En las figs. 522 y 523 están proyectados tres cuartones ensamblados en el par en la cara normal al peto; en *i* el cuarton es recto, en *o* está rebajado y en *œ* está inclinado, estando proyectado este último tambien en la fig. 525 en dos planos paralelos á sus caras *œ* y *œ'*.

La fig. 526 es la proyeccion horizontal de una pieza entrante rebajada, para que sus caras sean normales á los planos de las cubiertas. La fig. 527 es una seccion en uno de los planos de la cubierta. A B D, y *a b d*

son en el plano las líneas de derrame; B C es la línea hoya; C es el pendolon; *f* las cumbreras. El paso *u m n w* de la pieza entrante sobre la solera, está construida del mismo modo esplicado al tratar del caballete oblicuo sobre cuchillo oblicuo y cuartones rebajados, de modo que de los puntos *m' n'* en donde las caras verticales de la canal encuentran á las líneas de derrame, por los cuales pasan las aristas inferiores cuando se rebaja la canal por debajo, se bajan perpendiculares al plano de una cubierta; una de estas perpendiculares está proyectada en *b p'* (fig. 527); el punto *p*, proyeccion horizontal de *p'*, en la proyeccion *m' p* de la perpendicular, da la posicion de la arista P S, segun la cual la cara normal de la pieza entrante corta á uno de los muros de cubierta; la línea E R es la arista correspondiente á la otra cara normal.

La seccion *u m n w* perpendicular á la canal está trazada en la fig. 528, en la cual, las perpendiculares bajadas de los puntos *m' n'*, á las líneas B *u*, B *w*, son las trazas de las caras normales, y el heptágono B P *m' m n' n* Q es la seccion de la pieza entrante rebajada.

Operando de este modo, se obtiene economia en la madera que deba rebajarse, puesto que, como indica esta figura, basta la pieza *u' m n w'* para su ejecucion; mientras que si no se rebaja, será necesaria la escuadria representada en *u m n w*.

Rebajando las caras de ensamble de las canales, resulta además otra ventaja, esto es, que los cuartones se ensamblan mejor, tanto por estar cortados en seccion cuadrada, como se ve en las proyecciones del cuarton *i*, como porque, no siendo las caras rebajadas verticales, los cuartones apoyan mejor en sus derrames. La pieza de arista cuyas caras de ensamble sean normales, presentan el inconveniente de que los cuartones no apoyan bien en sus caras sosteniéndose tan sólo por sus espigas, mientras que en el otro caso encuentran además un apoyo seguro.

CORREAS Y EGIONES SOBRE PARES DE ARISTA. Para que las correas no resbalen por efecto de su colocacion sobre piezas inclinadas, como son los pares, se las debe retener de algun modo. Muchas veces los carpinteros se contentan con clavar en cada par y un poco más bajo que el emplazamiento de cada correa, un *can* ó pieza pequeña de madera, como el indicado en *e* (fig. 431). Si la composicion de los cuchillos y el cuidado con que deban trabajarse exigen mayor solidez, cada correa *j* (fig. 428) debe apoyar en un egion *z* ensamblado en el par y la cuerda que le corresponda, añadiendo debajo de él una pieza de seguridad *x* para que las espigas no se debiliten.

El detalle de este ensamble está representado en las figs. 529, 530, 531 y 532. Para dar mayor solidez al todo, los ensambles del tope pueden ser con espera, como en la fig. 533; el egion R se retiene tambien mejor por medio de un perno, que atraviesa al par de parte á parte, ó por abrazaderas de hierro, impidiendo que pueda resbalar haciendo su ensamble á junta plana con espera.

La fig. 534 es la proyeccion del par *a* y de una correa *p* de la fig. 531 en el plano de cubierta, habiéndose suprimido la cuerda *c* para mayor claridad. La fig. 535, es igualmente una proyeccion horizontal del par *a*, de la parte del cuchillo representado en la fig. 532, de la cuerda ó par correspondiente *c* y de la correa P'; la espiga del tope que atraviesa á la cuerda es aparente, viéndose además en la figura el empalme de las correas.

Las correas de dos cubiertas contiguas se juntan por la punta en el plano vertical que pasa por la arista resultante de su encuentro.

Estas correas descansan en el par del cuchillo de peto y sostienen la cuerda de arista en que apoyan los cuartones. Al labrar las

caras superiores é inferiores del par y de la cuerda de este cuchillo, segun los planos paralelos á los dos planos de la cubierta que forman la arista, las correas apoyan en estas caras; mas, si por efecto de economia de trabajo se rebaja solamente la parte superior de la cuerda de arista, es preciso practicar en su cara inferior y en la superior del par una entalladura, para que descansen en ellas las puntas de las correas, que se juntan en el cuchillo de arista.

La fig. 536 representa la planta recta de un peto, cuya proyección vertical es la figura 529. La fig. 530 es otra proyeccion vertical del cuchillo de arista rebatido sobre el plano del dibujo.

Los procedimientos de construccion de estas figuras son los mismos ya esplicados para el peto recto.

Obedeciendo á la ley de los homólogos, que da siempre un buen aspecto á las construcciones de madera, las ocupaciones de las correas de las dos verticales deberian ser perfectamente iguales y coincidir en todos sus puntos, resultando de ello que las cuatro aristas de la correa de uno de los planos, se encontrarian exactamente al mismo nivel que sus homólogos del par del otro plano, y por lo mismo las secciones de las correas no serían todas cuadradas. Suponiendo, por ejemplo, que la correa P de la cubierta longitudinal tenga por escuadria el cuadrado *m n v n* (fig. 529), la correa de peto P′ (fig. 530), afectará la forma *m z x n*, que no ofrecerá de este modo tan grande estabilidad sobre los pares como las correas escuadreadas á ángulo recto. Es verdad que tambien se las podria sujetar por medio de egiones colocados por encima como los de las correas que vuelan al exterior de los edificios (fig. 395); mas, entre sus puntos de apoyo en los cuchillos, no tendrian fuerza suficiente para resistir la presion de las cubiertas. Por esta causa se ha debido prescindir de la ley de los homólogos, con relacion á las correas, y establecer como regla que todas ellas deben ser de madera escuadreada, y que las aristas de las caras externas deben coincidir en cada pila de correas, sin que deba establecerse ninguna relacion en la posicion de las demás aristas. Así pues, las aristas de la cara externa del par P del plano longitudinal, sobre el cual descansan las cuerdas *c* (fig, 529), y las aristas de la cara homóloga de la correa de peto P′ sobre la que descansan las cuerdas *e* (fig.-530), pasan por los puntos *m* y *n*, situados á alturas exactamente iguales. Las otras dos aristas de una correa no coinciden con las de la otra correa, pero sí deben pertenecer á correas escuadreadas segun los cuadrados *m u v n* (fig. 529), para la cubierta longitudinal, y *m o i n* (fig. 530), para la cubierta de peto.

La fig. 537 es la proyeccion del cuchillo de arista en el plano vertical que pasa por la arista proyectada sobre la línea C D de la proyeccion horizontal, á cuyo plano se le da el nombre de *plano vertical de arista*.

Las caras verticales del par y de la cuerda de arista del lado del peto están vistas en la figura, siendo en ésta y en la proyeccion horizontal que se determina la forma de las entalladuras que deben practicarse en ambas piezas, para colocar en ellas las correas de las dos cubiertas.

Ordinariamente la distribucion de las correas se hace sobre los muros principales, dándoseles una escuadria cuadrada. Así, la correa longitudinal P, que está vista de punta en la fig. 529, tiene por seccion el cuadrado *m u v n*. Como su emplazamiento es fijo, el de *m n* de la correa P′ del caballete se determina por las horizontales *y m*, *w n* (figura 530), trazadas á igual altura que las horizontales *y n*, *w n*, de la fig. 529, y su escuadria está representada por el rectángulo *m o i u*.

La correa longitudinal P tiene su proyeccion horizontal por medio de dos perpendiculares bajadas de los puntos *m*, *u*, *v n*, so-

bre la horizontal O E prolongada en la figura 536, hasta encontrar á la línea C D que es la traza del plano vertical de arista, con la cual se cruzan en los puntos *m u v n*.

La correa de peto P′ (fig. 530), está proyectada horizontalmente en P′ por medio de las perpendiculares á la línea O F prolongadas hasta la misma línea C D, con la cual se cruzan en los puntos *m o i n*. Los puntos *m, n,* de la proyeccion horizontal se hallan, á causa de su construccion, de modo que petenecen á dos correas, hallándose las dos aristas de sus caras externas al mismo nivel.

Los puntos *m, n,* se trazan en la proyeccion vertical (fig. 537), bien por medio de verticales *t m, t u,* ó por horizontales *y m, w n,* sobre la línea *e′ d′*, que es la proyeccion vertical de la arista que deberia rebajarse en la cara inferior de la cuerda de arista; los puntos *u, v, o, i,* de la proyeccion horizontal, se proyectan igualmente en *u, v, o, i,* en proyeccion vertical (fig. 537), sobre la linea C *d*, que representa la arista saliente del par que deberia rebajarse.

El paralelógramo *m u v n* es la ocupacion de la correa de la cubierta longitudinal, y el paralelógramo *m o i u* es la ocupacion de la correa de peto, cuyas dos ocupaciones se aplican una sobre otra en el plano vertical de la pieza de arista. Las líneas *m u m o* deben ser paralelas á las líneas *n v n i*. Sus posiciones pueden comprobarse y trazarse *à priori*, atendiendo á que siendo el eje del pendolon la seccion comun de los planos verticales de proyeccion (fig. 529, 537 y 530), las trazas de una superficie normal de una correa; sobre dos de estos tres planos, se encuentran en el mismo punto; así pues, las líneas O*p′*, O*q′*, O*g′* O*j′* de la fig. 537, deben ser iguales á las líneas O*p*, O *q*, de la figura 519, y O*g*, O*j* de la fig. 530.

Las horizontales *n w, u w* (fig. 537) son las proyecciones verticales de las dos aristas externas para cada una de las dos correas; las horizontales *u*-17, *v*-18, son las proyecciones verticales de las aristas de la cara interna de la correa de la cubierta longitudinal; y las líneas *o*-19, *i*-20 son las proyecciones verticales de las aristas de la cara interna de la correa de peto.

A la derecha de la figura se encuentra proyectado el par *h* y la cuerda de arista *k*, en *h′* y *k′* en un plano perpendicular al de la proyeccion de la fig. 537. Las líneas que representan las aristas de las proyecciones *h* y *k*. son paralelas á las de las proyecciones *h* y *k*. La línea C D′, de la proyeccion *h′*, y la línea *c″ d″* de la proyeccion *k′*, son las trazas del plano vertical de arista, y por consiguiente, son las proyecciones de las líneas que representan la arista saliente de una de ellas si estuviese alabeada, y la arista entrante de la otra si fuese rebajada.

Las horizontales *m y*, *n*-27, tiradas por los puntos *m, n* (fig. 537), determinan las proyecciones 1′, 2′ de los puntos en los cuales las aristas externas de la correa longitudinal encuentran á la arista inferior de la cara vertical de la cuerda que se encuentra del lado de la cubierta longitudinal; en proyeccion horizontal estos dos puntos se hallan en 1 y 2 en las intersecciones de las aristas de la correa longitudinal y de la línea que representa la cara vertical de la cuerda del lado de esta correa.

Las líneas 1-3 y 2-4 (fig. 537) son las intersecciones de las dos caras normales de la correa longitudinal con la cara inferior de la cuerda. El prisma comprendido entre las bases triangulares y paralelas proyectadas horizontalmente sobre K′ en *m*-1-5, *n*-2-4, y en *m*-1′-8, *n*-2′-4 sobre la cuerda K, siendo la línea *m n*, borde externo de la ocupacion *m u v n* de la correa longitudinal, una de las tres aristas paralelas, es la parte de la entalladura ó corte que debe labrarse debajo de la cuerda de arista para colocar en ella la punta de la correa longitudinal.

Del mismo modo, la otra parte del corte que debe labrarse debajo de la cuerda, para

recibir la estremidad de la correa de peto, en el prisma triangular cuyas bases paralelas están proyectadas horizontal y verticalmente segun los triángulos *m*-1′-5, *n*-2′-6, y cuyas aristas son paralelas á la línea *m n*, borde externo de la ocupacion de la correa de peto.

Por los mismos procedimientos se pueden determinar las formas de los cortes que deben ejecutarse en las aristas superiores del par de arista, para apoyar las correas en ellos. La parte *u v* de la línea C *d*, segun la cual el par debe rebajarse para formar la arista, es el borde interno de la ocupacion *m u v n* de la correa longitudinal. Las líneas *u*-17, *v*-18 son las proyecciones de las aristas internas; las cuales se cruzan en los puntos proyectados en 7, 8, sobre la cara vertical del par contiguo á la cubierta longitudinal. La cara interna de la correa corta á la cara vertical del par segun la línea 7-8; las caras normales de esta misma correa cortan á la misma cara del par segun las líneas 7-9, 8-10, paralelas á los lados *m-u n v* de la ocupacion *m u v n*, puesto que son las intersecciones de dos planos paralelos con un tercero.

Las líneas 9-*u*, 10 *v*, son las trazas de las caras normales de la misma correa sobre la cara superior del par; los triángulos *u* 7 9, *v* 8 10, son las bases paralelas del prisma que marca la forma que debe darse al corte del par, del lado de la cubierta longitudinal, para apoyar en él la correa. Del mismo modo para la parte *o i* de la arista que deberia rebajarse, se encuentra que los triángulos *o* 11 13, *o* 12 14, son las proyecciones de las bases paralelas del prisma, que indica la forma del corte que debe darse en la otra arista del par, del lado del peto, para apoyar en él á la correa de peto.

A veces se prefiere ejecutar ciertos cortes prescindiendo del picado de las maderas, en particular cuando este medio ofrezca dificultades para la colocacion de las piezas, y su alineacion, ó cuando se tema cometer algun error cuya dificultad mayor está en la determinacion de los cortes de los pares y cuerdas de arista.

La fig. 538 representa aisladamente la forma de un egion bajo tres aspectos distintos: en T se encuentra proyectado como en la fig. 537; en T′ está visto por la punta que ensambla en la cara superior del par; las cajas de estos ensambles están indicadas en las proyecciones *k′* y *h′*; en T″ está visto por debajo, por la cara que apoya en el tope intermedio. Estas tres proyecciones se corresponden por medio de perpendiculares, y sus números señalan los mismos puntos que en la fig. 537.

Cuando se desbasta la cara superior del par y se rebaja la cara inferior de la cuerda de arista, es preciso dejar una parte sin desbastar y otra parte sin rebajar, para recibir el tope y los ensambles del egion, el cual conserva la forma que se le hubiera dado si únicamente se hubiesen practicado entalladuras.

La punta de cada correa de peto y longitudinal no apoya en todo el grueso del par de arista y de la cuerda, puesto que, como ya se ha dicho, se les hace terminar en el plano vertical de arista, descansando únicamente en la parte de este grueso que se encuentra en el plano de que forman parte.

Se puede asegurar la distancia de las correas sobre los pares y los egiones, cruzándolas por medio de cortes á media madera, segun un plano horizontal que pase por la mitad del grueso de la correa mayor. En las figuras 539 y 540, está representado este ensamble entre las correas de peto. La figura 540 es la proyeccion horizontal de las dos correas P y P′, y la fig. 539 en su proyeccion vertical en un plano cuya traza horizontal es la línea A P, perpendicular al plano vertical de arista que pasa por C D.

En estas figuras, P es la correa longitudinal; P′, la correa de peto. La parte *m n* de

la proyeccion de la arista C D es el lado comun de las ocupaciones de las dos correas, y de la coincidencia de sus caras externas. Esta línea está indicada igualmente en *m n* y *m' n'* en las figs. 529 y siguientes. El rombo 1-2-*m*-*n*, es la seccion de la correa longitudinal P prolongada por el plano de debajo de las cuerdas del peto. El paralelógramo 3-4-*m*-*n*, es la seccion de la correa de peto P' prolongada por el plano de debajo de las cuerdas de la cubierta longitudinal; la línea 5-6-7, en proyeccion vertical, y el rectángulo 5-6-7-9, en proyeccion horizontal, de las proyecciones de la punta horizontal de la entalladura á media madera. Los trapecios *l*-5-6-*n*, 7-4-*m*-6, son las puntas de las correas en los planos de debajo de las cuerdas de las dos cubiertas, después del ensamble. El trapecio 4-7-9-10, es un costado de la entalladura en la correa P; 10-*m*-4, es el inglete de enrasamiento de la arista *a m* de la correa P sobre la cara normal superior de la correa P.

El trapecio 5-11-*i*-9, es el costado de la entalladura de la correa P', que forma inglete de enrasamiento de la arista *b i* debajo de la cara normal inferior de la correa P.

Estos ingletes podrían suprimirse cortándoles por planos verticales que pasen por las líneas 4-10, 5-9; y tambien para el de encima se podría prolongar el costado de la entalladura segun el triángulo 10-12-4, pero es preferible conservarles para que el ensamble sea completo.

La seccion del egion no sufre otra modificacion más que conservar todo su espesor en la parte que recibe á la correa.

CORREAS Y EGIONES EN LOS PETOS. La figura 531 es la proyeccion vertical de la parte inferior de un cuchillo transversal de la cubierta del ala de un edificio, uno de cuyos muros de fachada está representado por D A. La fig. 532 es una proyeccion de la parte correspondiente de un cuchillo transversal de la cubierta del ala de otro edificio, cuyo muro D F. es una de sus fachadas.

La fig. 541 es la proyeccion horizontal de la parte inferior correspondiente del cuchillo entrante C D de las dos cubiertas.

La fig. 542 es la proyeccion de la misma parte de este cuchillo entrante en un plano paralelo al plano vertical que contiene la arista entrante, llamado *plano vertical de arista entrante*.

Las alturas de los cuchillos se suponen iguales; mas, como los edificios tienen anchos distintos, como en la fig. 470, la canal debe estar desviada. La fig. 543 representa la operacion de desviar una canal resultante del cruce de dos crujias á ángulo agudo.

La canal C E estará desviada del mismo modo, y téngase en cuenta que, tanto en este caso como en el precedente, se ha supuesto que cada cuchillo tenia su par distinto de la cuerda.

Las correas son de madera cuadrada en ambas cubiertas; terminan en el plano vertical de arista entrante, del mismo modo que las de arista saliente terminan en su plano vertical correspondiente; las piezas de arista de sus caras externas pasan por los puntos *m*, *n*. La desigualdad de inclinacion de las cubiertas obliga á prescindir de la ley de los homólogos.

Las entalladuras para el asiento de las puntas de las correas practicadas en el par y cuerda de arista entrante, son las mismas que las ejecutadas en el par y la cuerda de arista saliente, sólo que están construidas en sentido inverso; es decir, que las de encima del par entrante están vaciadas, en vez de estar rebajadas, y las de debajo de la cuerda están rebajadas en vez de vaciadas. En cuanto á las construcciones gráficas, son idénticas á las descritas para el caso anterior, señalando las mismas letras las mismas líneas de construccion.

Por el punto C de la proyeccion horizontal proyéctese en O C una vertical á las demás proyecciones (figs. 531, 542 y 532), la cual servirá de eje de guia, sustituyendo al

eje del pendolon comun á los cuchillos entrantes.

El cuadrado P (fig. 531) es la seccion de la correa de la cubierta principal, es decir, de la cubierta más ancha. El cuadrado P (fig. 532) es la seccion de la correa de la cubierta mas estrecha.

El paralelógramo *m u v n* (fig. 552), es la ocupacion de la correa P de la cubierta mas ancha en el plano vertical de la arista entrante; el rombo *m o i n*, es la ocupacion de la correa P′ de la cubierta estrecha en el mismo plano vertical; los puntos *m* y *n* de estas dos ocupaciones coinciden y están á igual altura en las tres proyecciones verticales (figuras 531, 542, 532). Las alturas O *p*, O *q* de la fig. 542 son iguales á las alturas señaladas con iguales letras en la fig. 531. Las alturas O *g*, O *j* de la misma fig. 542, son iguales tambien á las señaladas con las mismas letras en la fig. 532.

Los triángulos *m*-1-3 y *n*-2-4, son las bases paralelas del prisma, segun el cual debe ejecutarse una de las entalladuras en la arista de la cuerda entrante de la cubierta mayor, para recibir á la correa P. Los triángulos *m*-1′-5, *n*-2′-6, son las bases de otro prisma, segun el cual debe practicarse otra entalladura en la arista de la cuerda del lado de la cubierta menor, para recibir á la correa P′.

Los triángulos *u* 7 11, *v* 8 12 son las bases del prisma que señala la parte de la entalladura que debe vaciarse en la cara superior del par, para recibir á la correa P de la cubierta mayor, y los triángulos *o* 9 13, *i* 10 14, son las bases del prisma que forma la segunda parte de la entalladura en el par que debe recibir á la correa P′ idea cubierta menor.

Las líneas *o* 9, *u* 7 (fig. 542) son las ocupaciones de las aristas horizontales superiores de las caras internas de los pares. La línea *o* 19 es la traza del plano horizontal que contiene la arista de la correa P′ que pasa por el punto *o*. La línea 50 51 (figura 541) es, en el plano horizontal, una perpendicular al plano vertical entrante. Esta línea pasa por el punto 50 de la horizontal *o* 19 de la fig. 542, estando proyectada en *h*′ por la línea 50 50′ perpendicular á la línea entrante C′ D′. La línea 50 51′ (fig. 542) es igual á la 50 51 de la fig. 541. La línea *o* 51′ es la direccion del trazo *o* 9.

El punto 60 de la línea *w u* (fig. 542) se encuentra proyectado en la línea entrante *c* D (fig. 541). La línea 60 61 está proyectada, en la proyeccion *h*′, del punto 50′ al 51; la línea *u* 51 es la direccion del trazo *u* 7. Las líneas *i* 10, *v* 8 son paralelas á las líneas *o* 9, *u* 7.

7 11, 9 13 son en la proyeccion *h*′ las trazas de las caras normales superiores de las correas, en la cara superior tambien del par de arista entrante. Las líneas 40 41 son en las tres proyecciones verticales (figs. 531, 532) las trazas de un plano horizontal auxiliar.

m 43 (fig. 531) es la traza de la cara superior de la correa P.

43 44 fig. 541) es la traza vertical de la misma cara en el plano auxiliar

m 30 (fig. 532) es la traza vertical de la cara superior de la correa P′.

30 32 es la traza horizontal de la misma cara en el plano auxiliar.

39 41 (fig. 531) es la proyeccion vertical de la línea trazada en la cara superior del par, por el plano vertical entrante.

El punto 60 es la proyeccion horizontal del punto 41, en el cual esta línea encuentra al plano auxiliar.

Los puntos 32 y 44 son las intersecciones de las trazas horizontales de las caras superiores, de las correas y del par en el plano auxiliar.

Las líneas 32-9, 44-7 son en el mismo plano las proporciones horizontales, de las direcciones de las líneas 7-11, 9-13.

La distancia 6-50, tomada sobre la línea

C D (fig. 541), está proyectada de 40 á 41 (fig. 542) sobre la traza del plano horizontal auxiliar.

La línea 32-34 de la fig. 541 pasa por el punto 41 de la fig. 542, y es perpendicular al plano vertical entrante, hallándose rebatida en 32-44 sobre la proyeccion *h'*; sus partes 42'-42, 42'-44, son iguales á las partes 50-32, 50-44, de la fig. 541.

Las líneas 7-32, 9-44, son las direcciones de las trazas 7-11, 9-13 de las caras de las correas sobre la cara del par; las trazas 8-12, 10-44 son paralelas á ellas.

Las líneas *m*-1, *m*-1', *m*-3, *m*-5, y sus paralelas *n*-2, *n'*-4, *n*-4, *n*-6 de la proyeccion *k'*, se pueden construir del mismo modo, formando con la línea *c d* ángulos iguales, pero opuestos á sus correspondientes formados con la línea C' D' en la proyección *h'*.

La junta de las correas puede sujetarse en el plano vertical entrante, por medio de hierros acodados y retenidos con pernos.

Si no se quiere vaciar la cara superior del par entrante, se cortan las puntas de las correas con relacion á esta cara. Tambien se pueden cruzar las correas en sus juntas entrantes, ensamblándolas por medio de entalladuras á media madera.

CAPITULO XVIII

EJECUCION DE LAS ARMADURAS

Todos cuantos detalles se han dado en el capítulo XII, se aplican exactamente para el trazado de los modelos y construccion de una armadura cualquiera; por lo tanto, lo que se diga sobre el particular será lo más indispensable para la comprension de las figuras relativas á esta parte de la carpinteria.

TRAZADOS. La fig. 544 representa el trazado de construccion de las soleras de un peto recto y de dos piezas entrantes de dos cubiertas, cuyas plantas están comprendidas en los rectángulos 1-2-3-4, 9-10 11 12 de la figura 408.

La fig. 545 es la proyeccion vertical de uno de los cuchillos transversales de las dos cubiertas; los cuchillos de caballete, entrantes y salientes.

Los espesores de los muros están indicados (fig. 544) por medio de líneas paralelas rayadas. La línea quebrada de contorno 1-2-3-4-5-6, indica los paramentos exteriores de estos muros y el borde exterior de las soleras *b*.

La línea quebrada 1'-2'-3'-4'-5'-6' es la ocupacion de las cuerdas *a*.

1''-2''-3''-4''-5''-6'' marca la línea entrante de los ensambles ó *paso* de las cuerdas sobre las soleras, y al propio tiempo indica tambien el borde interior de dichas soleras.

$1'''-2'''-3'''-4'''-5'''-6'''$ es la línea de ocupacion de los tornapuntas *s* sobre los tirantes.

$1''''-2''''-3''''-4''''-5''''-6''''$ es la línea de ocupacion de los pares *h* sobre los tirantes.

La línea 7-8 y la línea quebrada 9-10-11-12, son las líneas del centro de las cadenas horizontales *y* ensambladas en los tirantes.

El cuadrado C es la proyeccion del pendolon de peto; el cuadrado C' es la proyeccion del pendolon de aristas entrantes.

La fig. 546 representa las proyecciones de la punta del pendolon de aristas entrantes; su vértice presenta sus caras á las cumbreras y sus aristas á los rebajos de las cuerdas entrantes; más abajo, presenta otras caras perpendiculares á los planos verticales de las canales, para recibir los ensambles de los pares.

Volviendo á la fig. 544, C-3, C-4, C'-2, C'-5 son las proyecciones de las aristas sa-

lientes de peto y de las aristas vaciadas entrantes. En A está ejecutada la operacion que tiene por objeto desviar los tornapuntas, los pares y los travesaños para poder señalar en el dibujo la línea central *c d* de cada travesaño que debe servir para su trazado. En B se encuentra indicada igualmente la operacion para desviar la cuerda de arista, á fin de proyectar en sus caras superior é inferior las líneas de aristas salientes y entrantes que deban desviarse y vaciarse, y trazar en proyeccion horizontal los rebajos relativos al pendolon, que deben proyectarse verticalmente en los cuchillos (fig. 547).

C'-2, C'-5 son tambien las líneas del centro de los tirantes ó travesaños entrantes, que no están desviados por tener las dos cubiertas igual longitud.

Los espesores de las cuerdas entrantes están indicados cerca del pendolon C'. 13-14 es la línea de centro del tirante del cuchillo transversal, combinada en el caballete y desviada de la línea 13'-14', que pasa por el centro del pendolon, proyeccion del ángulo triedro ó vértice del caballete; 2 15, 2-5, 5-15', son las líneas de centro de los cuchillos transversales contiguos á las aristas entrantes; C-17 es la línea de centro del tirante de peto; 18-20, 19 20, son las líneas de centro de los canes del trazado de caballete, paralelas á las diagonales 17 13, 17 14 ó á las aristas C 4, C-3; 18'-20', 19'-20', son las líneas de centro de los mismos canes cuando se desee que formen ángulos iguales con los tirantes con los cuales ensamblan; 28-30-29-30 son las líneas de centro de los canes del trazado de las canales, cuando los tirantes de los cuchillos contiguos están ligados por cadenas, en los planos verticales de los cuchillos de las cumbreras; estos canes tienen por objeto acortar los tirantes de los cuchillos entrantes convirtiéndoles en travesaños, para emplear maderos más cortos, 31-32 es la línea de centro de los canes que pueden establecerse entre los tirantes de los cuchillos transversales contiguos, á fin de reducir los travesaños entrantes á simples zapatas, que descansen en los ángulos de los muros para recibir los ensambles de los tornapuntas de los cuchillos entrantes, cuya disposicion no ofrece ningun inconveniente bajo el punto de vista de la solidez, en atencion á que los muros forman contrafuertes más resistentes de lo necesario con relacion al empuje de los cuchillos entrantes desprovistos de tirantes. Esta disposicion está representada en proyeccion vertical en la figura 548.

Cuando no se establece una série de cadenas segun las líneas 7-8, 9-10, 11-12, para ligar todos los tirantes de las dos cubiertas, es necesario establecer en el trazado entrante, á la altura de los tirantes y travesaños de tirante, una série particular de cadenas horizontales cuyas líneas 40-41, 41-42, 42-43, etc., sean las líneas de centro. Todas estas cadenas están espresadas por líneas de puntos, y deben ligarse por medio de canes colocados en las líneas 44-45.

Los trazos de relacion trazados en el modelo para las guias de los tirantes y travesaños que deban establecerse en los modelos de los cuchillos, están indicados por el signo ×.

La fig. 549 representa el modelo de las soleras y de los trazados de un caballete oblícuo y de canales oblícuas, comprendidos en el trapecio 5-6-7-8 y el cuadrado 13-14-15-16 de la fig. 408, cuyos modelos ya se han esplicado anteriormente.

Este modelo sólo se diferencia del anterior en el sesgo ú oblicuidad resultante de la desigualdad de los ángulos que forman los muros de la crujia. Las mismos números indican las líneas homólogas en ambas figuras.

Trazado segun modelo. La fig. 550 representa, en proyeccion horizontal, las maderas establecidas en la parte del modelo de la figura 544 correspondiente al peto recto

para la composicion del primer trazado formado por los tirantes y travesaños que reciben los ensambles de los tornapuntas.

El tirante *t* del cuchillo transversal es la primera pieza que se establece por medio de la línea de centro 13-14, ó por medio de la línea 13'-14'.

El tirante de caballete *d* se establece encima de aquél; los travesaños *r* se establecen á igual altura que el tirante de caballete; los canes *p* son los últimos; todas las piezas apoyan unas sobre otras ó sobre regruesos ó apoyos simples, dobles ó triples, según las necesidades, tales como se indican en la figura, para que esté todo bien nivelado, alineándolas é inclinándolas debidamente, para que sus trazos de relacion coincidan á plomo con los del modelo.

El segundo trazado correspondiente á los tirantes del cuchillo transversal, del de caballete y á los travesaños de los cuchillos de arista, coincide á plomo con el primero, diferenciándose únicamente por la longitud de los tirantes y travesaños, que no pasan de la línea de ocupacion de los pares $1''''$-$2''''$-$3''''$-$4''''$-$5''''$,-$6''''$ más que de la cantidad necesaria para recibir los ensambles de estas piezas.

Como las soleras no están al nivel de ninguno de los dos trazados, no se representan en la alineacion, por tenerse que trazar aparte en el mismo modelo una vez quitadas las maderas anteriores.

En la fig. 551 está representado el modelo de una parte de una série de soleras *s*, *s'*, que se alinean por la cara del paramento exterior. La solera *s* pasa por encima de la solera *s'*; estas dos piezas deben empalmarse, para lo cual se señala el trazo de relacion para indicar sus justas. A los pares *y* se les señalan tambien los trazos de relacion, á causa de tener que establecerles sobre el modelo de los cuchillos para sus uniones con los tornapuntas, después de su ensamble con las soleras.

MODELOS DE LOS CUCHILLOS. Como es muy comun que falte espacio en los talleres para la construccion de cuchillos, éste es el motivo por el cual los carpinteros trazan los modelos de los cuchillos de una cubierta en el mismo emplazamiento. Cuando el espacio es suficiente y se tenga que construir un gran número de cuchillos, se puede trazar el mismo modelo en varios sitios distintos para poder alinear y señalar al mismo tiempo las maderas de los varios cuchillos; sin embargo, como la colocacion de las maderas y su trazado se ejecutan con mayor rapidez que la ejecucion de los ensambles, es preferible, para que todos los cuchillos resulten idénticos, establecer y señalar unas despues de otras las de la misma especie con el mismo modelo. Si se construyen todos los cuchillos de una cubierta con un mismo modelo, es decir, los cuchillos transversales, los de caballete y los de aristas entrantes y salientes, se obtiene tambien la ventaja de poder comprobar las dimensiones en altura. No obstante, para no complicar los ejemplos que se darán, se representarán separadamente el modelo del cuchillo transversal (fig. 552), en el cual A E es la horizontal al nivel de la cara superior del tirante; C O, eje vertical del pendolon. La línea C O está trazada perpendicularmente á A E por los métodos ordinarios empleando un gran compás de varas. C A y C E son los paramentos exteriores de las cuerdas; debajo de estas dos líneas se encuentran dos paralelas que marcan el grueso de dichas cuerdas, *c b*, *c d*, paramentos exteriores de los pares; en vez de las lineas C A, C E, *c b*, *c d*, se hubiera podido trazar las líneas del centro de las cuerdas y de los pares, como lo ejecutan algunos carpinteros; pero siempre que se trate de establecer con precision la cara de una pieza de madera, es preferible trazar en el modelo la proyeccion de esta cara, en particular cuando se empleen maderas perfectamente rectas; por otra parte, si se emplean las maderas indistintamente, es preferible establecerlas por

medio de las líneas de centro, trazando siempre en el modelo las líneas de proyeccion de las caras, cuya exactitud es indispensable, puesto que sirven para señalar en la madera las partes que deban aplanarse, como son, los apoyos de las correas para que la superficie de la cubierta resulte bien plana.

1-2 es la línea de centro de los tornapuntas de ambos lados; 3-4 es la línea de centro del puente; la cumbrera está representada por la figura pentagonal del vértice; las correas y las soleras, representadas por cuadrados y rectángulos iguales á sus escuadrias, están colocadas en los sitios que verdaderamente les corresponden; 5-6, líneas de centro de los tornapuntas del eje C O del pendolon; 7-8, líneas de centro de las péndolas; 9-10, líneas de centro de los tornapuntas del puente que afluyen al mismo punto 10 del eje del pendolon.

Si el piso del taller es sólido y unido y siempre que el modelo no deba servir mucho tiempo, se le traza en el suelo; pero si el piso es arenoso ó compuesto de modo que todo cuanto se trace en él no se conserve el tiempo necesario para el trabajo, entonces debe elegirse un sitio á propósito para ello ó bien hacer el trazado sobre tablas.

La fig. 553 representa en proyeccion horizontal la disposicion de un trazado sobre tablas, representado por las líneas de puntos. Si debiese contener mayor número de detalles ó varios cuchillos de formas distintas, seria necesario, partiendo siempre de la base de disponer de un mal terreno, formar un tablado lleno y entero, sobre el cual se ejecutaria el trazado.

La fig. 547 representa un modelo, en el cual se encuentran reunidos los trazados de los cuchillos de caballete, los entrantes y los salientes, correspondientes al cuchillo transversal, cuyo modelo se ha descrito. Las líneas señaladas con los mismos números son las líneas de centro de las piezas de igual especie. Las líneas inclinadas señaladas con números sencillos corresponden al modelo del cuchillo de caballete. Aquellas cuyos números llevan una comilla, corresponden á los números del cuchillo de arista saliente, y aquellas cuyos números llevan dos comillas pertenecen al cuchillo entrante.

Los tres modelos se encuentran sobre la línea O″ E que está al mismo nivel que la línea A E del modelo de la fig. 552, y es, como ella, el nivel de la cara superior de los tirantes y travesaños. Los tres modelos tienen para punto comun la ocupacion *e* de las cuerdas sobre las soleras. Tambien se les hubiera podido dar para punto comun el eje de los pendolones, en cuyo caso, las líneas C O, C′ O′ se hubieran confundido en una sola línea C″ O″; y como cerca de esta línea es donde deben rebatirse las proyecciones de las aristas de los pendolones y los trazados de los rebajos, es preferible que sean distintas, para evitar la confusion en el trazado.

Las líneas horizontales, cuyas extremidades se señalan con minúsculas, sirven para comprobar la exactitud del trazado de los tres modelos. Así, la línea *f g* pasa por los tres vértices C, C′, C″; los tres puntos 5, 5′, 5″ de interseccion de las líneas de centro de las cadenas con las líneas de las caras superiores de las cuerdas, deben encontrarse sobre la línea horizontal *k h;* las intersecciones 6, 6′, 6″, de las mismas líneas de centro, con los ejes de los pendolones, deben encontrarse sobre la horizontal *v t;* las intersecciones de las péndolos 7, 7′, 7″, con las líneas de las superficies superiores de las cuerdas, se encuentran sobre la horizontal *i j;* las intersecciones 2, 2′, 2″ de las líneas de centro de los tornapuntas del puente, prolongadas con las mismas líneas de las cuerdas, se encuentran sobre la horizontal *p q*; en fin, las intersecciones 9, 9′, 9″ de las mismas líneas de centro de los tornapuntas, se hallan sobre la horizontal *m u*.

La línea 5-6 señalaria la línea de centro

de la cadena debajo de la correa más alta de la cumbrera, si para ella se siguiese la ley de los homólogos; pero como esta línea forma con el eje del pendolon un ángulo demasiado agudo, esta cadena debe ser como las caras normales de la correa perpendicular al plano de la cubierta, y se traza la línea *x y* perpendicular á la línea C E para línea de centro de esta cadena. Podria hacerse] igual cambio para la direccion de la línea de centro de la cadena del cuchillo de arista saliente, dándole la direccion *x' y'*, tomando los puntos *x'* á igual altura que el punto *x* sobre la horizontal *z' s'*, y el punto *y'* sobre la misma horizontal *z s* que el punto *y;* pero es preferible darle la posicion 5'-6'.

La línea R R es el trazo de relacion comun á los tirantes, puentes y travesaños de los tres cuchillos, el cual corresponde exactamente á los trazados á iguales distancias de las líneas de ocupacion de las cuerdas para las mismas piezas de todos los demás cuchillos (fig. 544), conviniendo tambien al tirante y al puente del cuchillo transversal, cuyo modelo está representado en la fig. 552. La línea R' R' es el trazo de relacion comun á todos los pendolones.

Colocacion de los cuchillos sobre sus modelos. La fig. 554 representa en proyeccion horizontal la colocacion de las piezas de madera que deben constituir uno de los cuchillos transversales de la misma cubierta.

Las letras y los números indicados en las piezas y líneas de esta figura bastarán para espresar las relaciones de su colocacion sobre el modelo, que es igual al representado en la fig. 552 y al cuchillo ensamblado de la figura 428. Los trazos de relacion están indicados en el tirante, el puente y el pendolon.

Las formas de las correas están espresadas en las figs. 552 y 554, sólo con el objeto de que se conozcan sus entradas. Todas las piezas están colocadas sobre líneas de nivel y con la inclinacion que les corresponde, coincidiendo con los trazos de relacion. Están colocadas unas sobre otras y sobre el número de apoyos necesarios, debidamente espresados en la figura, para que alcancen la altura necesaria para su buena colocacion, faltando únicamente proceder á su picado ó señalado.

La fig. 545 representa en proyeccion horizontal la colocacion de las piezas que constituyen una parte de uno de los cuchillos longitudinales de cumbrera de la misma cubierta. Los pendolones, piezas comunes á los cuchillos transversales, llevan sus trazos de relacion que coinciden con la línea R'' R'' trazada á igual altura que la R' R' de los demás modelos.

Entramado de las cubiertas. La colocacion de las maderas de un entramado de tejado sobre el modelo, ha recibido el nombre de *rastrillo* á causa de su semejanza, en particular para el de peto, con el rastrillo del labrador. Se reunen en un solo modelo todos los modelos parciales de estos entramados, para trazar de una vez las líneas que representan las aristas salientes ó entrantes comunes á dos cubiertas contiguas; de este modo el modelo del rastrillo de una cubierta es el desarrollo de todos sus entramados rebatidos sobre el suelo horizontal del taller.

La fig. 555 representa el desarrollo de las cubiertas proyectadas horizontalmente (figura 408). Todas las vertientes, construidas segun sus verdaderas formas, están rebatidas en un mismo plano al girar al rededor de las líneas comunes á ellas; los puntos *c* y *c'* de cada extremidad se unen para formar los centros de los pendolones de las canales.

Una de las dos vertientes longitudinales que cubren la crujia del centro, punteada en *c' e' a c*, está dividida en dos partes, para que cada una de ellas pueda permanecer unida á la canal correspondiente.

La fig. 556 representa el modelo del entramado de un peto recto y de una canal de la misma (fig. 408). Para construir la parte

del modelo del peto recto, se traza sobre el área del taller la línea 3'-4' igual á la línea de ocupacion de las cuerdas, espresada con las mismas cifras en el trazado de la figura 544. En el centro de esta línea y por medio de dos arcos de círculo *m m, n n,* descritos tomando por centro los puntos 21, que levanta la perpendicular 17'-C', igual á la línea *e* C del perfil del peto del modelo del cuchillo (figura. 547). El triángulo 3'-C' 4', es el perímetro del entramado de peto rebatido sobre el terreno segun su verdadera dimension. Para determinar los modelos de los entramados longitudinales contiguos, desde los puntos 3' y 4' como centros y con radios iguales á las distancias 3'-13',-4'-14' de una de las ocupaciones de las piezas de arista á las ocupaciones de las cuerdas del cuchillo transversal, se describen los arcos *x y,* y del punto C' como centro con un radio igual á la longitud C *e* del perfil de los entramados longitudinales tomada sobre el modelo del cuchillo longitudinal (fig. 552), se describen los arcos de círculo *z v* que dan los puntos 13' y 14'. Siendo el ángulo C-14'-4' recto, se puede comprobar la posicion del punto 14' describiendo por el punto 20' como centro y con el rádio 20'-C', ó 20'-4', el arco de círculo *r s* de un semicírculo que debe pasar por el punto 14'. Los triángulos rectángulos C'-13'-3', C'-15'-5' dan, en el modelo del entramado, las verdaderas magnitudes de los triángulos proyectados sobre el modelo del trazado (fig. 544), espresados con las mismas letras.

Por consiguiente, las líneas 3'-13' 4'-14' dan las direcciones de las líneas de derrame ú ocupacion de los entramados longitudinales sobre el modelo, y las líneas C' C", paralelas á aquéllas, dan las direcciones de las líneas de cumbrera. Si se desease establecer sobre el modelo el conjunto de los entramados longitudinales, deberian señalarse á cada lado sobre las líneas 3'-13', 4'-14' las longitudinales exactas 3'-2', 4'-5' del modelo del trazado; pero las cuerdas de las vertientes longitudinales son iguales, por lo tanto no es necesario colocarlas á las distancias que deben guardar entre sí para cortarlas de longitudes iguales, construyéndose los modelos en rastrillo no más que para los cuartones, á menos que las vertientes no estén compuestas de ensambles que deban picarse ó señalarse, en cuyo caso los modelos de los entramados longitudinales se construyen en conjunto.

El modclo de los cuartones de arista (figura 556) se limita, pues, para el peto al trazado comprendido en el ángulo formado por las líneas 13-C', C'-14. Para construir el modelo de los cuartones de canal, una vez trazadas las líneas 2'-G, 5'-G paralelas á las líneas 13'-C', 14'-C" á distancias arbitrarias, pero iguales, se toma sobre las líneas de cumbrera la longitud G C", igual á G C" de la parte en la cual deban apoyar los cuartones entrantes, tomada sobre el modelo del trazado (fig. 544). Las líneas 2'-C", 5'-C" (figura 556) son las líneas entrantes del modelo de colocacion. Construyendo sobre estas líneas los triángulos C"-G"-2', C"-G"-5 iguales á los triángulos C"-G"-2', C"-G"-5, las líneas C"-G" se encontrarán á ambos lados de la línea de cumbrera y las líneas 1'-2', 5'-6' paralelas á ellas, son las líneas de ocupacion de las cuerdas de los entramados contiguos. Si el trazado está bien hecho, siendo el peto recto, el punto V de interseccion de las líneas 1'-2, 5'-6' prolongadas, debe encontrarse sobre la línea C'-17'. El punto U de interseccion de las lineas de cumbrera C" G" debe encontrarse tambien sobre la misma línea C'-17' y las líneas entrantes 2'-C", 5'-C" deben cortarse igualmente en un punto de la línea C'-17' prolongada; en fin, las líneas de cumbrera prolongadas deben cortar á la línea de ocupacion de peto en los puntos R, situados á igual distancia del centro 17; siendo el perímetro del modelo bien exacto, se distribuyen las líneas

de centro de los cuartones, que pasan por puntos de division iguales para cada entramado señalado en las líneas de ocupacion 1'-2', 2'-3', 3'-4', 4'-5', 5'-6' y sobre las líneas de cumbrera G'' C', C'' C' paralelas á ellas; se traza tambien por el punto C' una línea auxiliar M N paralela á la línea de ocupacion 3'-4' del peto para marcar los puntos de division correspondientes á los de esta línea de ocupacion, siendo el peto recto y siendo la canal resultante de cubiertas que se encuentra á ángulos rectos, las líneas de centro de los pares y cuartones serán perpendiculares á las líneas de ocupacion y de cumbrera.

Habiéndose verificado ya la distribucion de los cuartones, se proyectan las líneas que deban dar las secciones de las ocupaciones de las correas y las de los ensambles de los mismos cuartones, tanto sobre las soleras como sobre los pares de aristas salientes y entrantes y sobre las cumbreras. Se señalan primeramente las proyecciones de las líneas de garganta de los *pasos* de los pares y cuartones sobre las soleras. Del punto *é* de la garganta de estos *pasos* sobre el modelo del cuchillo trasversal (fig. 552), se baja una perpendicular *é g* sobre la línea que indica la cara exterior de los pares ó el perfil de la cubierta, y se toma la distancia *e g* del pié de esta perpendicular á la ocupacion de los pares, de *e* á *g*, sobre dos de las líneas de centro de los cuartones de los entramados longitudinales del modelo de colocacion. Las líneas 1''-2'', 2''-3'', 4''-5'', 5''-6'', que pasan por los puntos *g*, son las proyecciones de las líneas de garganta de los pares y cuartones de los entramados longitudinales. La proyeccion de la línea de garganta 3''-4'' de los cuartones de peto, se determinan del mismo modo haciendo sobre dos de las líneas de centro de los cuartones *e' g'* igual á *e g* (figura 547), que es la distancia de la ocupacion del par del peto á la perpendicular bajada desde su garganta *e'* sobre el plano de la cubierta.

Las líneas de achaflanado de las cuerdas de arista que se encuentran en los planos de las cubiertas, están trazadas sobre el modelo paralelamente á las líneas de arista, por los puntos *u*, *v*, señalados en las líneas de ocupacion, en la misma forma que lo están sobre las mismas líneas del trazado, en el cual se han desviado las cuerdas de arista. Así, los anchos 3'-*u*, 3'-*v*, 4'-*u*, 4'-*v* del modelo son iguales á los anchos señalados con las mismas cifras y letras en el trazado, y las líneas *t*, *u*, *s*, *v*, paralelas á las líneas de arista, son las proyecciones de las aristas de achaflanado de las cuerdas ó pares de arista proyectadas segun las líneas marcadas con las mismas letras en el trazado; los espacios comprendidos entre estas líneas y las de arista C'-3, C'-4, son en el modelo de colocacion, los anchos verdaderos de las caras achaflanadas de las cuerdas de arista. Las aristas inferiores de las caras verticales de estas cuerdas se proyectan sobre el modelo de colocacion bajando de los puntos *m* y *n* del modelo de trazado, las perpendiculares *m p*, *n q*, sobre las líneas de ocupacion; se toman sobre las líneas de ocupacion del modelo de colocacion las distancias 4'-*p*, 4'-*q*; las perpendiculares levantadas por los puntos *p* y *q* marcan sobre la línea de garganta 3''-4'', 4''-5'', las proyecciones de los puntos *m* y *n* correspondientes á las líneas *l m*, *k n*, paralelas á las líneas de aristas, que son las que debian proyectarse sobre el modelo de colocacion. Estas mismas líneas están trazadas simétricamente y paralelamente á la pieza de arista C'-3'. Los espacios comprendidos entre las líneas *t u* y *l m*, y entre las líneas *s v* y *k n*, son las proyecciones de colocacion de las caras de las cuerdas de arista que contienen las ocupaciones de los ensambles de los cuartones.

Estas construcciones se fundan en que, por el movimiento de rotacion que se supone dan las cubiertas al rededor de las líneas de ocupacion, para aplicarse sobre el plano

horizontal del modelo de colocacion, los puntos *m* y *n* han descrito arcos de círculo comprendidos en los planos verticales proyectados sobre las líneas *p m*, *q n*.

Por este medio se han proyectado sobre el modelo de colocacion las caras de los pares entrantes que reciben los ensambles de los cuartones. Las aristas *t u*, *s v*, que indican sobre el modelo de colocacion el ancho de las caras vaciadas por encima de los pares entrantes, pasan por los puntos *u* y *v* de las líneas de ocupacion, rebatidas haciendo 5′-*u*, 5′-*v* iguales á las mismas distancias sobre el modelo de trazado.

Las aristas de las caras verticales que contienen estas mismas líneas pasan por los puntos *m* y *n*, situados á igual distancia del punto 5″. Uno de los dos puntos, el *n*, se obtiene bajando del mismo punto del modelo de trazado una perpendicular *n q* á las líneas de ocupacion 5′ 6′, y tomando la distancia 5-*q* sobre el modelo de colocacion para trazar una perpendicular *q u*, las distancias comprendidas entre las líneas *l m*, *k n* y la línea entrante C″-5′, son las proyecciones de las caras de las cuerdas que reciben los ensambles de los cuartones. Esta construccion se repite en las demás líneas entrantes.

Los cuartones entrantes de los dos entramados de una misma cubierta, separados por la línea de cumbrera C′ C″, así como los pares de los mismos, se ensamblan entre sí á espiga y horquilla como está representado (fig. 557). Para poder trazar sus juntas se proyectan sobre el modelo (fig. 556) las líneas que marcan el ancho de sus ocupaciones; la línea C′ C″ indica la línea de cumbrera en la cual se encuentran todas las aristas superiores de las ocupaciones de las cuerdas y cuartones entrantes; la línea *j j* paralela á aquélla está trazada á la distancia *i j* tomada de C á *j* sobre el modelo del cuchillo trasversal de los muros longitudinales (fig. 552), é indica el fondo de las entalladuras ó cortes de horquilla y los costados de las espigas y la línea *j′ j′* paralela igualmente á C′ C′ trazada á la distancia *i j′* tomada sobre el mismo cuchillo trasversal de C á *j′*, espresa el grueso de los cuartones sobre la cubierta contigua.

La fig. 558 es el modelo de colocacion del peto oblicuo y de una canal, cuyo modelo de trazado está representado por la figura 474. Todas las esplicaciones dadas referentes al modelo de colocacion del peto recto y canales, se aplican igualmente á este caso, diferenciándose solamente por el bisel ú oblicuidad resultante de la disposicion de las crujias A y B (fig. 408).

Las líneas de aristas salientes y entrantes, trazadas en el modelo de colocacion, son las proyectadas en C-4′, C′-5′ sobre el modelo de trazado (fig. 549). El triángulo del entramado de peto 3′-C 4′ se construye sobre el modelo de colocacion, haciendo su base 3′-4′ igual á la línea de ocupacion 3′-4′ del modelo de trazado, y levantando por el punto 17 una perpendicular igual á la longitud de la pendiente de la cubierta de peto tomada, como anteriormente, de C á *e* (fig. 447), sobre el modelo del cuchillo de peto. Para trazar el entramado longitudinal 4′-C′-C-5′, se traza primeramente el triángulo 4′-C′-19, haciendo la base 4-19 igual á la misma línea del modelo de trazado y la perpendicular 19 C igual á la longitud de la línea de pendiente del entramado longitudinal tomada de *e* á C sobre el modelo del cuchillo transversal (fig. 552); la línea de cumbrera C C es igual á la proyectada de C á C′ en el modelo de trazado, la cual es paralela á la línea de ocupacion 4′-19.

Las líneas salientes y entrantes C-4′, C′-5 deben ser iguales á las construídas en los modelos de los cuchillos salientes y entrantes.

Colocacion de las correas, de las cuerdas y de los cuartones. Completado el modelo de colocacion para el peto recto

y las canales (fig. 556), se colocan las cuerdas y cuartones sobre sus líneas correspondientes de nivel y con la inclinacion que les corresponda. La figura representa seis cuartones del caballete recto debidamente colocados, para ensamblarse en las cuerdas de arista; además cinco cuartones del entramado longitudinal, para ensamblarse en el mismo par, y cuatro cuartones entrantes que deben apoyar en las cumbreras y ensamblar por su base en el par entrante.

Colocados ya definitivamente los cuartones y pares de una cubierta, se proyectan en sus caras las líneas trazadas en el modelo para señalar sus ensambles, bien sea por medio de puntos deducidos de las aplomadas señalados en los cuartones uno después de otro, ó bien directamente por medio del cordel mojado, con el cual se señalan en sus caras superiores las líneas que coincidan con los aplomos de relacion del trazado; hecho esto, se van trazando las juntas procediendo luego á la labra de sus cajas y espigas.

Ordinariamente los pares de arista saliente y entrante no se colocan sobre los modelos de colocacion, por no ser posible colocarlos de modo que ofrezcan cara de paramento en dos lados á la vez para entramados contiguos. Las ocupaciones de los cuartones se señalan en las caras de los pares entrantes ó salientes, una vez establecidos sobre los modelos de los cuchillos, y para operar con mayor exactitud; únicamente cuando el cuchillo está ensamblado es cuando se trazan en las caras de los pares las cajas que deben recibir las espigas de los cuartones, y entonces se procede absolutamente como en los modelos; es decir, que se considera el cuchillo entrante ó saliente en samblado como una proyeccion vertical, y se toma del modelo de trazado la posicion de las líneas que marcan la ocupacion y rebajo de cada caja, como ya se ha esplicado antes.

Si bien este modo de proceder es bastante exacto siempre que se practique con cuidado, no obstante se obtiene mayor precision estableciendo los pares de arista y de canal debajo de los cuartones, y dándoles para cada entramado, uno despues de otro, la posicion que deban tener una vez ensamblados. Las figs. 559 y 560 son un ejemplo del modo de señalar los cuartones y los pares.

La fig. 559 es la proyeccion horizontal de un par de arista C, cuya arista resultante de su doble achaflanado se encuentra á plomo sobre la línea C-3′, que es la arista de caballete en el modelo de colocacion. Este par se encuentra colocado á nivel sobre maderos, así como tambien las tres cuerdas de peto B, B′, B″ que están perfectamente bien alineadas, descansando además por un extremo sobre dichos maderos, y por el otro sobre el par C en el cual deben ensamblarse.

La fig. 560 es una seccion de la figura anterior segun la línea M N, viéndose en ella el par C colocado en una muesca practicada en el modelo D que le sostiene; su posicion es á nivel y su inclinacion consiste en la posicion exactamente inclinada de la cara que forma parte del plano de la cubierta correspondiente á las cuerdas. Los ensambles se señalan en las cuerdas y los pares, unos despues de otros, por medio de la plomada y del compás, segun los procedimientos esplicados.

Concluido el picado de las maderas de una cubierta, se quitan las cuerdas para trazar y labrar sus espigas; luego se inclina cada par de arista para alinearle nuevamente, nivelándole por la cara correspondiente á la cubierta contigua.

El modelo parcial (fig. 561) se refiere á la pieza de arista; C′-4′ es la proyeccion de la arista; 3′-4′, la línea de ocupacion de caballete; 4′-5′, la del entramado longitudinal; la línea 3″-4″ y la línea 4″-5″ son las líneas entrantes de los ensambles de los pares en las soleras de caballete y longitudinales.

t o, *h o* (fig. 544) son las líneas de ocupacion de los pares de las cubiertas; el punto *o* es, por consiguiente, la ocupacion de la arista del par saliente, y 4″ es el punto de la garganta del par en la arista rebajada de debajo, cuyas aristas deben proyectarse en el modelo de colocacion (fig. 561). Las líneas *f o* y *h o* paralelas á las líneas de ocupacion se proyectan haciendo las perpendiculares *e″ g′*, *e′ g′* iguales á las distancias del punto *e* al punto *g″* (fig. 554), ó del punto *e* al punto *g′* (fig. 547), y el punto *o* y el punto 4″ del modelo de trazado sobre las líneas *h o, f o,* 4″-5″, 4′-5′, se proyecta por medio de las perpendiculares *o q′*, *o p′*, 4″-*d*, 4″-*b*, trazadas á distancia del punto 4′ tomadas en el modelo de la fig. 544.

Las líneas *t o, c*-4″ del lado del entramado longitudinal, *s o, a*-4″ del lado de caballete, son las proyecciones de las aristas del par y de la cuerda de arista que determinan el corte de las correas. Basta entonces representar las correas P P′ paralelamente á las líneas de ocupacion de las cubiertas que les correspondan, y señalar en sus caras las líneas que se acaban de determinar, para poder trazar los cortes de sus ocupaciones.

Una vez ensambladas las cuerdas en las correas, como en las cubiertas representadas en las figs. 423 y 425, es indispensable colocar estas correas junto con los pares y las cuerdas al mismo tiempo en el modelo de colocacion.

Con relacion al trazado de los cortes y del ensamble de los egiones, para el sostenimiento de las estremidades de las correas entre los pares y las cuerdas entrantes y salientes, cuando las aristas no se hagan en toda la longitud de las piezas, deben colocarse éstas á nivel y con la inclinacion debida unas despues de otras, poniendo la cara que deba labrarse hácia arriba sobre un modelo de colocacion trazado exactamente como las proyecciones *h* y *k′* (figs. 537 y 542), y determinar por medio de la plomada y del compás las líneas del trazado de este modelo sobre las caras que deban labrarse.

Se ha dicho antes que, para la construccion de los modelos de colocacion de las cubiertas longitudinales, no se les da en longitud su estension verdadera, y que se aproximan tanto como se puede las partes de los cuartones entrantes de las de los cuartones salientes, no dejando entre ellas mas que el ancho necesario para colocar las cuerdas de las cubiertas longitudinales contiguas, prescindiendo de las distancias que les separan una vez colocadas en la obra. Esta reduccion de la estension de los entramados longitudinales en los modelos de colocacion, da mayor exactitud para el trazado de los pares, en atencion á que cada una de las líneas correspondientes á sus esperas en las soleras y á sus ensambles por encima de la cumbrera se trazan de una sola vez y al mismo tiempo que los cuartones; así, los puntos G y 5′ (fig. 558) se separan tan sólo del espacio necesario para colocar los pares longitudinales unos al lado de otros, paralelamente á las líneas C-14′, G-5′, y los de los cuchillos sobre trazos de relacion.

El modelo de colocacion para el peto oblicuo y las canales desiguales (fig. 558), lleva cinco cuartones á cada lado de la línea de arista por las cuales se ha principiado la colocacion; tres de estos cuartones, los señalados con la letra *a*, están rebajados y en direccion paralela al plano del cuchillo de caballete, como el 20-20′ del modelo de trazado (fig. 474) y como los de la fig. 458; los otros dos señalados con la letra *c* están desviados, dirigiéndose en el mismo sentido que los de caballete de la fig. 460.

La colocacion de los dos cuartones inclinados *o′* y los cinco cuartones rebajados *u* está espresada sobre la línea entrante C′-5′. El punto de ensamble de los dos cuartones más próximos de la ocupacion de la canal, 5′, se elige de modo que no coincida con dicha ocupacion.

La fig. 562 es una seccion de los cuartones inclinados por un plano vertical que pasa por la línea *p m*; y la fig. 563 es otra seccion de tres cuartones rebajados por un plano vertical que pasa por la línea *q u*.

La fig. 564 representa el desarrollo de las cubiertas de un pabellon de cinco puntas (figura 472), en el cual los cuatro puntos *c* se reunen en el centro; los lados *a' m* deben aproximarse y confundirse.

El desarrollo de las cubiertas de cinco puntas (fig. 479) difiere del anterior en que los planos trapezoidales, como el *c-a-4-p*, se reducen á triángulos tales como el *c-a-p'*, en atencion á que las aristas salientes y entrantes de cada ángulo de pabellon concurren al mismo punto.

El modelo de colocacion de un tipo de esta clase se construye segun el desarrollo de sus cubiertas, y como generalmente constan de cubiertas semejantes, se reduce entonces el modelo construyendo únicamente un entramado de cada forma, de suerte que el modelo (fig. 472), por ejemplo, quedaria reducido al representado por la fig, 565, que consta únicamente del triángulo *a d b* correspondiente á las cubiertas de peto y los trapecios *a e m a'*, *b e n b'*, correspondientes á las cubiertas longitudinales.

CAPÍTULO XIX

CUBIERTAS DE SUPERFICIES CURVAS

Cubiertas cilíndricas por la parte exterior. Varias son las causas que determinan á veces el empleo de formas curvas para las cubiertas, bien sea exterior como interiormente, ó ambos á la vez.

Las formas curvas más sencillas son las cilíndricas, que se aplican necesariamente á edificios cuyas plantas están limitadas por perímetros compuestos de líneas rectas. Estos edificios forman ordinariamente cuerpos principales, á los que se unen unas alas de edificio, absolutamente como los que se han tratado para las cubiertas formadas por planos.

De la combinacion de las cubiertas de superficie cilíndrica resultan aristas salientes y entrantes, que se combinan del mismo modo que las de cubiertas planas.

En la fig. 566, A B D E es la proyeccion horizontal de la línea de ocupacion de dos cubiertas cilíndricas por la parte exterior, siendo esta línea el dato principal del modelo.

El entramado de la cubierta cilíndrica, cuya línea de ocupacion es A B, y el entramado igualmente cilíndrico, cuya línea de ocupacion es B D, dan lugar á la línea entrante proyectada en B P que es la línea de cruce.

La cubierta cilíndrica cuyo entramado tiene por línea de ocupacion á la línea B D, está determinada por un caballete, igualmente cilíndrico, cuya línea de ocupacion, para la mitad de la estension del mismo, es D E, y cuyo caballete da lugar á dos aristas, una de las cuales está proyectada sobre la línea D C.

En el presente ejemplo se supone que los dos cuerpos de edificio que se cruzan tienen el mismo ancho, y que el medio cuchillo de caballete es igual á la mitad de un cuchillo longitudinal; la proyeccion vertical de un cuchillo está rebatida en *a b c*, suponiendo que se la haya hecho girar al rededor de la línea horizontal que representa la cara superior de su tirante. Operando de este modo, no se necesita un gran espacio para las varias partes del modelo y se consigue más precision para las operaciones, puesto que las líneas de construccion resultan más cortas.

Habiéndose supuesto que el cuchillo de caballete tiene la misma curvatura que la del entramado longitudinal y que su tiro es igual á la mitad del de los cuchillos longitudinales, no habrá necesidad de rebajar la arista resultante del cruce de las dos superficies cilíndricas, del entramado longitudinal la una y del caballete la otra, no debiendo estar rebajado tampoco el pendolon. A la curvatura del caballete se le podria dar tambien más rigidez, como se ejecuta para el peto de una cubierta de superficie plana; pero, si bien este aumento de rigidez de los entramados de peto en las cubiertas de superficies planas produce un buen efecto, no sucede lo mismo en las cubiertas cilíndricas, por cuanto la forma peraltada del peto que resultaria no seria airosa.

Paralelamente á las líneas A B, B D, D E, se han trazado las líneas 1-2, 3-4, que limitan el ancho de los pasos de los pares y de los cuartones.

Las demás líneas paralelas señalan exterior é interiormente el ancho de las soleras que reciben á estos pares y cuartones. Las soleras que apoyan en los muros ensamblan á caja y espiga en los travesaños salientes y entrantes.

El cuchillo de arista proyectado horizontalmente de D á C (fig. 566), comprende, como en las aristas entre cubiertas planas, la arista de interseccion de los dos entramados cilíndricos.

La proyeccion vertical de este cuchillo está representada por la fig. 567 y proyectada en el mismo plano del modelo; la línea D E del plano (fig. 566) está colocada en *d c′* (figura 567) en la prolongacion de la línea *a c*.

La interseccion de las dos superficies cilíndricas iguales, de bases circulares, cuyos ejes se cortan, es una elipse cuyo plano es perpendicular al plano de los ejes de las dos superficies cilíndricas.

En el presente caso, el entramado longitudinal de la cubierta cilíndrica y el entramado de peto cilíndrico igual á aquél, se cortan en el plano vertical que tiene por traza horizontal á la línea D C (fig. 566). El eje mayor de esta elipse es la horizontal D C y el eje menor la vertical *c b;* así pues será muy fácil construirla haciendo *d c′* y *c′ b′* (fig. 567) iguales á las líneas D C y *c b* de la fig. 566.

Dos son los procedimientos generalmente conocidos que enseña la geometria para trazar las elipses. Primero: sea (fig. 568) A C A′ el eje mayor de una elipse, y *a* C *a′* su eje menor. Descríbanse dos circunferencias de círculo con los semiejes A C, *a* C; trácese un radio cualquiera, C D por ejemplo, que cortará á estas circunferencias en los puntos D y *d;* por el punto D tírase la vertical D *p* y por el punto *d* la horizontal M *q;* el punto M de interseccion de estas dos líneas será un punto de la elipse. Repítase esta operacion con el número de radios que se quiera, y se irán determinando puntos que al unirse determinarán la curva deseada.

Segundo: Sea (fig. 569) A C y *a* C los dos ejes de una elipse. Sobre una línea cualquiera M R se hace M P = A C, M Q = *a* C. Hágase mover esta línea de modo que sus puntos M y Q se apliquen continuamente sobre los ejes, y el punto M irá trazando la elipse.

La fig. 570 representa el trazado práctico de este segundo ejemplo.

Además de estos procedimientos hay otro que está muy en uso, que consiste en trazar la elipse por puntos resultantes de las intersecciones de las líneas que se proyectan en el modelo; mas este sistema no es tan exacto como los dos primeros, por cuanto en éstos los puntos están trazados directamente obedeciendo á las propiedades de la elipse, y por lo tanto son más exactos que los resultantes de las intersecciones de las líneas proyectadas que, por ser muy largas á veces, no siempre se cruzan á ángulo recto y no pueden trazarse con la debida exactitud.

Para que se conozca este sistema, supón-

gase que se trata de determinar el punto de la elipse correspondiente al punto Q de la proyeccion horizontal. Este punto corresponde á la generatriz de la superficie cilíndrica del entramado longitudinal correspondiente al punto M del cuchillo. Esta generatriz está proyectada horizontalmente segun la línea P Q, y este punto Q es aquel en que esta línea encuentra al plano vertical de arista. En este punto es en donde la generatriz encuentra tambien al plano vertical de arista. Para determinar el punto de la elipse de arista sobre su eje mayor, *c' d* (fig. 567), tómese *c' q* igual á C Q de la fig. 566, y *q m* (fig. 567) igual á Q' M; el punto *m* será un punto de la elipse, pudiéndose determinar de este modo los que se creen convenientes.

Se ve pues que la exactitud de la determinacion de este punto depende de la exactitud del modelo, y de la exactitud de las longitudes de las líneas C Q y Q' M trasladadas á *c' q* y *q m*.

Las proyecciones del travesaño, del tornapuntas, del puente y del par sobre el plano de arista no ofrecen ninguna dificultad, resolviéndose del mismo modo como se ha hecho para los petos de las cubiertas planas, debiéndose advertir que, en el caso presente, como el objeto principal de la construccion es la superficie exterior, los tornapuntas, los pares sólo se rebajan en los puntos más extrictamente indispensables para los pasos de las correas y la colocacion de los egiones que deben sostenerlas.

El par elíptico debe trazarse por entero sobre el modelo, para que las curvas de sus varias aristas puedan trazarse sobre la pieza de madera que deba darlas.

En las obras importantes, como el desarrollo de una arista debe tener mucha estension, es casi siempre imposible hacerla de una sola pieza; así pues, siempre que un par deba constar de varias piezas rectas, empalmadas, los ensambles se harán á rayo de Júpiter, haciéndoles coincidir con las ocupaciones de las correas.

Como la igualdad de la curvatura de la superficie de caballete de los entramados longitudinales no da lugar á rebajar el par ni el pendolon, este último está proyectado horizontalmente segun el cuadrado 5-6-7-8; las líneas *u*-11, *w* 12, comprenden el espesor del par y son las trazas horizontales de sus caras verticales. El paso de la pieza de arista es, en este caso, el pentágono D-*u*, 9 10 *w*, mientras que el paso del tornapuntas sobre el travesaño es el rectángulo 13-14-15-16.

Para completar la proyeccion vertical de la pieza de arista, es preciso proyectar en la figura 567 las curvas elípticas que pasan por los puntos *u*, *w*, 9, 10.

Las elipses que pasan por los puntos *u* y *w* se confunden ó coinciden sobre la proyeccion vertical (fig. 567) con la curva *d' m'* que es igual en todo á la curva *d m;* estas curvas resultan de las secciones hechas en las superficies cilíndricas por planos verticales paralelos cuyas trazas son las líneas *u*-11, D C, *w* 12 (fig. 566). Siendo la curva *d' m'* exactamente igual á la curva *d m*, es pues esta misma curva trasladada horizontalmente de *d* á *d'*, de una cantidad igual á D *o*, (figura 566).

Con relacion á las elipses que pasan por los puntos 9 y 10 de la proyeccion horizontal, éstas corresponden á las superficies internas de las cuerdas, cuyo espesor limitan; estas elipses son iguales á la que pasaria por el punto 3 del par de arista, si se le rebajase segun estas mismas superficies internas. Esta curva, indispensable en proyeccion vertical para las ocupaciones de las correas, puede trazarse por cualquiera de los métodos esplicados. Su eje mayor es igual á la distancia 3-C, (fig. 566) ó c'-3', (fig. 567) y su eje menor es igual á la altura *c z*, (fig. 566) ó *c' z'*, (figura 567).

Las elipses que pasan por los puntos 9

y 10 (fig. 566), son iguales á la curva que se acaba de describir, proyectándose verticalmente en una sola elipse $3''u'$ (fig. 567).

En estas figuras no se ha marcado ningun resalto ni ningun rebajo para el ensamble del vértice del par de arista, en atencion á que los planos verticales proyectados horizontalmente en x-11, x-12, segun los cuales se aplica en la cuerda del entramado longitudinal y el de caballete, bastan para que se mantenga en su sitio, encontrándose además sostenido por la extremidad de la cumbrera que corona al pendolon. Los planos de las ocupaciones del par de arista están proyectados verticalmente en 12-xx'-12'.

El paralelógramo 15-6-6'-15' (fig. 567), es la doble proyeccion de los dos costados de aplicacion 15-6, 16-6 (fig. 566), del par de arista sobre las caras del par del entramado longitudinal y el par de caballete.

El rectángulo 17-18-18'-17' es la seccion del can G que recibe el ensamble del travesaño de puente N.

Los tirantes y travesaños, los tornapuntas, los puentes y pares de los cuchillos tienen, como en las cubiertas de superficies planas, mayor espesor.

CUARTONES DE CABALLETE. A pesar de que para las cubiertas de superficies cilíndricas oblicuas no cambian absolutamente los principios de construccion que se acaban de exponer, debe observarse que, sea cual fuere la oblicuidad del peto de una cubierta de esta clase, los pares y cuartones cuyos ejes sean paralelos á las prolongaciones de las líneas de cumbrera ó á los ejes de los cuchillos, ó bien aquellos cuyos ejes sean perpendiculares á las líneas de ocupacion, son rebajados todos ellos, no dando lugar á la colocacion de pares ni cuartones desviados, por el hecho de no poderseles emplear más que en los petos oblicuos de las cubiertas planas, para disminuir el trabajo y la merma de la madera.

En las cubiertas de superficie cilíndricas, los pares y los cuartones que se trabajasen con la misma desviacion de formas que los cuartones desviados de las cubiertas planas, darian lugar, sin utilidad alguna, á un trazado más difícil, á mayor trabajo de ejecucion, y á mayor gasto de madera que los cuartones simplemente rebajados.

En las cubiertas de superficies planas las cuerdas y cuartones apoyan en las soleras, formando ángulos que permiten una simple espera que les retiene suficientemente é impide su resbalamiento; pero para las cubiertas cilíndricas y con relacion á las cuerdas y cuartones que, segun sea la curvatura de la cubierta, descansan á ángulo recto en las soleras, es indispensable para que se mantengan en sus sitios, que sus ocupaciones estén consolidadas por ensambles á caja y espiga, siendo las cuerdas y cuartones los que llevan las espigas, y las soleras las que tienen labradas á hilo las cajas.

En la fig. 566 están espresados sobre las soleras los pasos con espera y cajas que deben recibir á los cuartones de peto y longitudinales. En 17-18-21-22 está proyectado horizontalmente un cuarton de peto; su paso en la solera está representado por el rectángulo 17-18-19-20, igual al paso de los demás cuartones que se suponen suprimidos; su ensamble en la cara vertical de la arista está proyectado horizontalmente en 21-22 con la proyeccion de la espiga, y su ocupacion en proyeccion vertical sobre la cara del mismo par está proyectada en 17-18-18'-17' (figuras 566 y 567).

En cuanto á los detalles de las operaciones relativas á las proyecciones de los cuartones, son exactamente los mismos que para los cuartones de las cubiertas planas. En M (figuras 567), se encuentra la espera y la caja que debe recibir el ensamble de la solera de peto.

CORREAS Y EGIONES DEBAJO DE LA PIEZA DE ARISTA. Las correas que sostienen á las

cuerdas de una cubierta cilíndrica son piezas de seccion cuadrada, una de cuyas caras, la que está en contacto con las cuerdas, está un poco redondeada segun la curvatura interior de estas mismas cuerdas.

Una de las correas P (fig. 566) está sujeta por el tornapuntas F y mantenida á conveniente altura por medio del travesaño T, ensamblado como en los entramados de cubiertas planas, en el tornapuntas y en la cuerda; y con el fin de consolidar mejor, se añade el tope ó cuña K. La otra correa P′ está sostenida por el par, el travesaño T′ y la cuña K′; la tercera cuerda P″, intermediaria, está sujeta en un corte practicado en el puente.

Todo cuanto se diga con relacion á la correa P, se aplica igualmente á las demás correas, con relacion á su encuentro con el plano de arista, su seccion por medio de este plano y los cortes que deben labrarse en las piezas de arista para recibir sus extremidades.

El plano que pasa por el eje de una correa y que es perpendicular á su cara externa, pasa tambien por el eje de la superficie cilíndrica, que es el de la cubierta, y su traza vertical para la correa P es la línea P *c;* las caras laterales de esta correa son paralelas á este plano. Proyectando por medio de una horizontal el punto P en *p* (fig. 567) sobre la proyeccion vertical de la curva de la arista hueca interna de la pieza de arista, se tiene en *p c′* la traza del mismo plano sobre esta proyeccion. Las caras laterales de la correa tendrán por consiguiente sus trazas paralelas á la de este plano, las cuales pasan por los puntos 27-28 determinados por la interseccion de las aristas externas de la correa con la curva 3′*n*, y las intersecciones de estas mismas trazas con las aristas internas de la correa, determinan la traza 29-30 de la cara interna, de modo que el rectángulo 27-28-29-30 es la seccion de la correa por el plano de arista; la exactitud de la operacion se comprueba prolongando la traza 29-30 de la cara interior de la correa, hasta el punto 31′ de la línea que marca la cara superior del tirante; operando asi, el punto 31′ debe hallarse á igual distancia del punto *c′* que el punto 31″ (fig. 566) se halla del punto C; este punto 31″ se determina por la traza de la cara interna de la correa sobre el plano horizontal de las soleras, siendo la línea 29-30 la traza de esta misma cara sobre el plano vertical. Las intersecciones de las aristas horizontales de las correas proyectadas en el plano vertical de arista (figura 567), con la curva 3″*n′* determinan los puntos 28′, 27′ por los cuales pasan las trazas de las caras laterales de las cuerdas de arista sobre las caras laterales de la correa; las trazas 27′-30′, 28′-29′ paralelas á las líneas 27-30, 28-29, determinan las formas del corte que debe labrarse á cada lado de la cuerda de arista para la ocupacion de las puntas de las correas. Este corte tiene la forma de un prisma curvo rectangular, cuyas bases son el triángulo 27-27′ 27″, y el triángulo 28-28′-28″.

El egion T que sostiene las correas no presenta ninguna dificultad, labrándosele exactamente del mismo modo que el que sostenia las correas en las cubiertas de superficies planas, siendo, si se quiere, mas sencillo aun, por cuanto siendo la correa de peto igual á la del entramado longitudinal, los dos lados del egion son iguales; está ahuecado en forma de canal regular para recibir las caras inferiores de las dos correas que se juntan en el plano vertical de arista.

La cuña K descansa en el egion, y se encuentra interpuesta entre las correas y el tornapuntas sobre el que descansa á junta plana. Su espesor es igual al del tornapuntas, y está rebajada en cada lado para poderse aplicar en la correa longitudinal y la de peto, de modo que presenta una arista saliente como los pares de arista.

La fig. 571 es una proyeccion horizontal

de la punta del tirante, sobre el cual está indicado el paso de caja para recibir á la cuerda de arista que se ha proyectado verticalmente en la fig. 567. Esta misma fig. 571 da la proyeccion horizontal del egion, suponiendo que la cuerda de arista está suprimida.

En esta proyeccion se ve la espiga de ensamble del egion con la cuerda, cuya extremidad está cortada al nivel de las superficies cilíndricas que forman la arista; este mismo egion presenta además una arista comprendida en la de la cuerda de arista, y está ensamblado por una espera plana en la superficie cilíndrica interna de la cuerda, que no está cortada mas que en los puntos indispensables para recibir las puntas de las correas.

La cara superior de la espiga se encuentra en la prolongacion de la arista hueca del egion; los bordes anteriores de esta arista rebajada se unen á los de los cortes practicados en la cuerda para recibir las puntas de las correas, mientras que los bordes de la otra punta unen la cara superior del tornapuntas, en el cual se ensambla el egion á caja y espiga.

En esta misma proyeccion (fig. 571) se supone el tornapuntas cortado por un plano horizontal á la altura de la arista 28-32 (figura 567), que es la mas alta de la correa, dando por seccion (fig. 571) el rectángulo 32-33-34-35.

La cuña K se encuentra proyectada igualmente con la arista 29-30 que forma debajo de la reunion de las dos puntas de las correas.

La fig. 572 es una proyeccion de la cuerda de arista sobre un plano perpendicular al plano de arista, cuya traza en este plano es la línea *d' h*, elegida convenientemente para que, despues del rebatimiento al rededor de esta línea sobre el mismo plano de proyeccion vertical de la pieza de arista, se vea bien la cara interna de la cuerda, viéndose en *d' d' d'* la ocupacion y la espiga de esta cuerda para su ensamble en el travesaño; en T, se ve la ocupacion y la caja del egion; en P, la doble entalladura ó corte en donde apoyan las puntas de las dos correas reunidas, que se unen á junta plana en el plano vertical de arista.

En E se encuentra la caja que debe recibir á la espiga de la punta del travesaño N; y, en fin, en P′ se halla la doble entalladura en donde deben apoyar las puntas de las correas superiores P″.

La fig. 573 es una proyeccion horizontal del puente N, visto por su cara superior, el cual termina del lado de la cuerda por la espiga E que ensambla en la caja de la cuerda. La doble entalladura N, que soporta las puntas de las dos correas superiores, está vista, asi como tambien las entalladuras triangulares pequeñas *o o* practicadas en la extremidad del par, las cuales se trazan por medio de las prolongaciones de las caras internas de las correas, para que la punta del par no pase más allá de su límite. En L′ está espresado por líneas de puntos el ensamble á caja y espiga del par con el puente. Se ven tambien del mismo modo la ocupacion, la espiga y el agujero para la clavija del ensamble del puente N con el can G (figura 567), y en fin, el par termina en dos achaflanados 14-6, 15-6 que se aplican á los pares longitudinales y de peto que se reunen en el pendolon.

Arista entrante ó canal. La fig. 574 es la proyeccion vertical de la parte inferior del cuchillo entrante comprendido entre las dos filas de correas.

Las curvas elípticas *b m*, *b' m'*, 2 *u*, 2′ *n'*, que representan las aristas de la cuerda entrante, están trazados por los mismos procedimientos indicados ya.

Correas y egiones de arista entrante. Las operaciones propias para determinar la porcion de cada correa comprendida entre una cara vertical de la cuerda entrante y

el plano vertical de arista entrante, son exactamente las mismas que se acaban de explicar relativas á la cuerda de arista saliente, sólo que, en vez de una arista saliente, la canal presenta por encima una arista hueca *b m*, y además, debajo de las entalladuras ó cortes, en vez de ofrecer un rebájo ó hueco para la ocupacion de las puntas de las correas, forma dos achaflanados en forma de prismas curvas, cuyas bases son los triángulos 27-27′-27″ y 28-28′-28″, para dar paso á las correas.

El egion T está ensamblado del mismo modo que para la cuerda de arista saliente; pero en vez de estar ahuecado en forma de canal, presenta una arista saliente formada por los dos achaflanados en los cuales deben apoyar las correas; en fin, la cuña K, cuya cara inferior tiene la forma de canal, se aplica por un lado á la arista del egion, y por el otro á junta plana en la cara del tornapuntas, mientras que está alienada por los dos planos 29-30-30′-29′, para formar por la cara de frente la arista hueca 29-30, que recibe las puntas de las dos correas, permaneciendo su cara superior horizontal al nivel de la arista superior 29-29′ de la cara interna de cada correa.

Con relacion á la segunda fila de correas, éstas apoyan en los cortes practicados á cada lado del puente, en donde forman aristas en sentido contrario de las formadas en el puente del cuchillo de arista.

La fig. 575 es una proyeccion horizontal que espresa el paso y la caja de emsamble de la cuerda entrante sobre el tirante, y la proyeccion del egion T, cuya espiga atraviesa á dicha cuerda, hallándose cortada su punta segun la arista hueca de canal y soportando la cuña K, que representa la arista hueca 29-30, formada por los dos planos proyectados en 29-30 30′-29′ de que ya se ha tratado.

Cuartones de arista entrante. En R y R′ están proyectados horizontalmente dos cuartones de arista entrante; la ocupacion del cuarton R sobre el par entrante está proyectada verticalmente sobre la cuerda entrante (figs. 566 y 574), en 23-24, 24′-23′, con indicacion de la caja que debe recibir á la espiga en dicho cuarton.

CUBIERTAS CILÍNDRICAS POR LA SUPERFICIE INTERIOR

Caballete. Las figuras que se esplicarán representan el modelo de una arista entrante y saliente en un techo compuesto de entramados planos que, una vez revestido, debe formar una bóveda cilíndrica, cuyas aristas interiores huecas forman arco de círculo debajo de las aristas salientes, tal como se presenta en el caso de una bóveda por arista.

Los procedimientos gráficos de construccion para las varias proyecciones, son idénticos á los ya descritos para los varios modelos esplicados; de modo que bastará indicar las varias proyecciones de este ejemplo.

En la fig. 576, A B D E es, como anteriormente, la línea de derrame de las cuerdas de las superficies planas exteriores; la línea A′ B′ C′ D′ es la de derrame de las cuerdas superiores interiores.

D C es la traza horizontal del plano vertical de arista, en el cual se resuelven las intersecciones de las superficies planas exteriores, y las intersecciones de las superficies cilíndricas interiores. B B′ es la traza horizontal del plano vertical entrante, en el cual se verifican las intersecciones de las superficies planas exteriores y de las superficies cilíndricas interiores de los entramados longitudinales.

El cuchillo principal que sirve de tipo para la construccion de la cubierta, está rebatido sobre el plano horizontal, y descansa en un muro terminado por una cornisa plana *a b g d e f h a*.

Este cuchillo, del cual sólo se representa la mitad, descansa por sus arranques en unos travesaños *z* en los cuales ensamblan los tornapuntas J que sostienen el puente I en que apoyan los pares M, ensamblados á su vez con el pendolon *a* que recibe la cumbrera. La fig. 577 es una proyeccion del puente I visto por la cara inferior, con las ocupaciones, cajas y derrames para el ensamble del tornapuntas J, de la curva O′ y el inglete de igualacion de la cuerda de caballete.

Las correas P están sostenidas, como siempre, por los egiones T y las cuñas K, sirviendo de apoyo á las cuerdas H, cuyos piés descansan á simple espera en las soleras S, retenidas al tornapuntas por medio de las piezas *v*.

La curva del cuchillo está formado por piezas en arcos de círculo O O′ que ensamblan en los tornapuntas, en el tirante y en la solera U cuando forman parte del cuchillo, ó bien ensamblan intermediariamente en las cadenas R y la pieza superior V que representa los pares y la cumbrera.

Como la forma exterior de la cubierta, segun costumbre, debe presentar un entramado de peto más recto que los entramados longitudinales, se deduce que el tiro de la mitad del cuchillo de peto es menor que el semidiámetro del cuchillo del entramado longitudinal. Así, la línea C E′ es menor que la línea *c u* en la relacion conveniente para el aumento de la rectitud de los petos. Se deduce además que la elipse que debe servir de base á la superficie cilíndrica de la curva general de peto, debe deducirse de la resultante de la interseccion de la superficie cilíndrica del entramado longitudinal con el plano vertical de arista. Sin embargo, se puede trazar la elipse de peto inmediatamente, deduciendo sus semiejes de los primeros datos del modelo.

La fig. 578 es la proyeccion vertical del cuchillo de peto en el plano vertical cuya traza horizontal es la línea C E. El semieje vertical de la elipse $c' q'$ es igual al radio $c\ q$ del círculo (fig. 576); el semieje horizontal de la elipse $c' e$ es igual á la línea C E, traza horizontal del entramado del perfil de peto.

La fig. 579 es la proyeccion del cuchillo de arista saliente en el plano vertical de arista, cuya traza horizontal es la línea C D′ (figura 576) tomada de c'' á d' (fig. 579) sobre la línea que se encuentra al nivel del arranque del arco del cuchillo principal, y el plano de proyeccion de este perfil se encuentra rebatido sobre el del modelo. El semieje vertical $c'' q''$ de la elipse de arista es igual al radio de círculo $c\ q$. El semieje horizontal de la misma elipse es la línea $c''\ d'$, igual á la diagonal del peto C D′ (fig. 576). Estas elipses, así como tambien las que son las proyecciones de las aristas de la pieza de arista, se las puede trazar por puntos, como ya se ha descrito, empleando los procedimientos geométricos.

Los ensambles de las curvas O, O′, así como los de las cadenas del cuchillo de peto, se determinan con la condicion espresa de que los planos de las ocupaciones de las primeras y los planos paralelos á las caras de las segundas que pasan por sus ejes, sean normales á las superficies cilíndricas.

La fig. 580 es la proyeccion del tornapuntas sobre un plano paralelo á su cara plana superior y rebatida al girar al rededor de una arista para que se vea la cara interna de la pieza. En D se proyecta la espiga de ensamble con el egion *u* de arista (figura 579); en O se encuentra la ocupacion con espiga y espera para recibir el ensamble de la curva O, que forma el arranque. En J se halla la arista hueca de la parte del tornapuntas correspondiente á las superficies cilíndricas interiores. En O′ se encuentran la ocupacion con espigas y esperas para recibir á la curva O′ que forma una parte de la arista hueca. En E se encuentra, en fin, la proyeccion de la espera de la espiga y de la

ocupacion del ensamble del tornapuntas en el puente I, cuyo puente ensambla á espiga con espera proyectada en E (fig. 579) en la espera y caja proyectadas igualmente en E′ en el puente del cuchillo (fig. 576). La figura 581 es la proyeccion de la punta superior del tornapuntas en un plano vertical perpendicular al plano de arista de la fig. 579.

La fig 582 es una proyeccion del puente visto por su parte inferior para que se vea en T la ocupacion de la caja de ensamble del tornapuntas, y en O′ el ensamble de la curva O′ de la fig. 579.

La fig. 583 es la proyeccion de la curva O′ del cuchillo de arista en un plano cuya traza es la línea 8-9, proyectada oblicuamente en 8′-9′. En esta figura se ve la cara interna de la curva que contiene la parte hueca de la arista del techo, y las espigas y ocupaciones para su ensamble con el tornapuntas J y el puente I.

En N y N′ (fig. 576) está representada una curva-cuerda ensamblada entre la solera y la parte inferior de la primera cadena, y una curva-cuarton ensamblada entre la parte superior de la misma cadena y la cara del cuchillo de arista que se encuentra enfrente del peto. La primera, N, está proyectada en la fig. 378 en *e*-10-11-12, en donde ensambla á cortes cuadrados en ambas. La segunda, N′, está proyectada verticalmente en la figura 578, en la 13-14-15-15′; su ocupacion en el cuchillo proyectado en 15-16 (fig. 576), está proyectada en 15-16, 16′-15 (fig. 578), viéndose en ella su caja.

En la fig. 584 está representada esta misma curva-cuarton para que se vea con más claridad; y la fig. 585 es su proyeccion en un plano cuya traza es la línea 15-14 de la figura anterior, habiendo girado al rededor de esta traza para que se vea su cara interna.

Línea entrante ó canal. La línea B′ B (figura 576) es la traza del plano vertical entrante en el cual se verifica la interseccion de las dos cubiertas cilíndricas iguales. B-20-21-21′-20′, es el paso á ensamble del tornapuntas en el egion. B-22-23-23′-21′ es el paso de la primera curva que, en el cuchillo entrante, contribuye á formar la arista de canal; pues es preciso recordar nuevamente que los pasos de las cubiertas forman una arista entrante, mientras que el interior forma una arista saliente, al igual que en las bóvedas por arista.

CUBIERTAS EN IMPERIAL Y CURVAS INTERIORMENTE

Las figuras referentes á esta clase de cubiertas que se van á estudiar ofrecen al mismo tiempo un caballete y una punta entrante; las formas del cuchillo principal presentan al mismo tiempo tambien un imperial en el exterior y una elipse en el interior, que es como la reunion de los modelos anteriores.

La fig. 591 es la proyeccion horizontal de un pabellon de cinco puntas, formado por cuatro cubiertas en imperial exteriormente, que producen cuatro canales que se unen á un pendolon central. Estas cuatro cubiertas están terminadas por cuatro remates con sus ocho aristas igualmente en imperial; mientras que el interior está formado por dos elipses cuya interseccion, despues de revestidas ya por tablas ó por un enlatado con estuco, forman en medio del pabellon una bóveda por arista, y en las extremidades, debajo de los caballetes, unas bóvedas de rincon de claustro.

La línea A B D E G H (fig. 586), en la proyeccion horizontal ó parte del plano del pabellon, es la línea de ocupacion de las cuerdas de la superficie exterior de la cubierta, y se corresponde con la línea *a b d e g h* de la fig. 591; A′ B′ D′ E′ C′ H′ es la línea de ocupacion de las cuerdas de la superficie interior.

P es el pendolon ó punta de caballete; Q es el pendolon ó punta de las canales, representados ambos en proyeccion horizontal.

La fig. 587 es el perfil de un cuchillo principal formando imperial y elipse.

Las soleras *s s'* forman, tanto exterior como interiormente, unos plintos salientes en los muros. Las superficies exteriores y tambien las interiores de la cubierta se encuentran á plomo con los paramentos de los muros.

Todas las partes curvas del cuchillo principal están trazadas por medio de arcos de círculo; las intersecciones de las superficies de las cubiertas interiores y exteriores, bien sea por los planos de arista, ó bien por los planos de las canales, están trazadas por medio de arcos de elipse, y tambien los cuchillos de caballete están trazados del mismo modo por arcos de elipse, en atencion á que el tiro ó abertura de la cubierta de caballete es menor que la mitad de la abertura del cuchillo principal.

La fig. 588 es el cuchillo de caballete proyectado sobre un plano vertical cuya traza horizontal es la línea P L. Esta proyeccion está referida en *p l* y rebatida sobre el plano del modelo. El cuchillo apoya en la cumbrera F, sostenido por la pieza J ensamblada en el pendolon P.

La fig. 589 es la proyeccion vertical del cuchillo de arista sobre el plano vertical, cuya traza es la línea de arista P E, tomada de *p* á *e* en la línea A H y rebatida sobre el plano del dibujo. La cuerda de imperial presenta la forma de una verdadera pieza de arista con saliente; las curvas del interior son de arista hueca ó entrante.

La fig. 590 es la proyeccion vertical del cuchillo de canal ó entrante sobre el plano vertical cuya traza es la línea hoya Q B ó Q G.

La cuerda en imperial es una verdadera canal; las curvas interiores presentan, al contrario, una arista saliente.

Las tangencias ó coincidencias de los arcos de círculo con que se ha trazado el imperial del cuchillo principal están en *m* encontrándose en normales comunes y teniendo tangentes comunes.

Las coincidencias de las elipses se verifican en los puntos m,' m'', m''' (figs. 388, 389, 390); los dos arcos de elipse de cada cuchillo tienen una tangente y una normal comunes.

$x\,y$ es la traza del plano tangente comun á las partes cilíndricas cuyas bases son arcos de círculo del imperial, y por lo tanto las trazas $x'\,y'$, $x''\,y''$, $x'''\,y'''$ de este plano, sobre los planos entrantes, son las tangentes comunes á los arcos de elipse; los puntos m, m', m'', m''' se encuentra á igual altura sobre el plano horizontal de las soleras; los puntos x, x', x'', x''' están á igual altura igualmente; los puntos y, y', y'', y''' están tambien á igual altura. Esta observacion presenta un medio de comprobacion de la exactitud de las distintas trazas.

Las curvas elípticas pueden trazarse, como ya se ha explicado, por medio de puntos deducidos del modelo ó por construcciones dependientes de las propiedades geométricas de estas curvas, que sólo requieren la determinacion de los ejes.

Todas las elipses correspondientes á la parte en imperial tienen sus semiejes verticales, iguales al radio de los círculos que entran en el trazado del imperial del cuchillo principal, y estos semiejes están comprendidos en los planos verticales en donde se hallan los centros de los arcos de círculo; los centros de los elipses están en los planos horizontales que contienen los mismos centros, y sus ejes horizontales son iguales á las proyecciones de los radios horizontales de estos mismos círculos sobre los planos de arista saliente y entrante, y sobre el de cuchillo de caballete.

En cuanto á las curvas elípticas de la arista saliente, de la arista entrante y del caballete de la bóveda interior, tienen todas

ellas sus semiejes verticales iguales al radio *c p* de la bóveda, y sus semiejes horizontales iguales P D' para la arista, Q B' para la canal y P L' para el caballete.

Las partes del modelo que se encuentran en frente de las correas y las cadenas están trazadas del mismo modo que en los modelos anteriores; y como, por otra parte en vez de unirse de punta en los planos de arista y de canal en donde debieran apoyar, se ensamblan inmediatamente en los pares del imperial y en los tornapuntas en forma de par de la elipse interior, se simplifica de este modo su trazado en atencion á tratarse únicamente de ensambles comunes.

De cuartones no se ha trazado ninguno, por ser iguales á los descritos en el ejemplo anterior.

BÓVEDA POR ARISTA Y BÓVEDA DE RINCON DE CLAUSTRO

DISPOSICION GENERAL.—La fig. 592 representa la planta de un edificio circular sostenido por pilares; la bóveda principal que éstos soportan es elíptica anular, cortada por elipses conoidales cuyos ejes afluyen al centro del edificio; las intersecciones que resultan forman aristas proyectadas por arcos de curvas, que constituyen las aristas salientes que dan á esta combinacion el nombre genérico de *bóvedas por arista.*

La fig. 593 representa un edificio circular de igual extension que el anterior, formado por dos muros concéntricos; el espacio comprendido entre ambos está dividido por otros muros cuyos ejes se dirigen al centro; cada espacio resultante de esta combinacion está cubierto por la misma bóveda anular anterior; sus arranques apoyan en los muros circulares, mientras que una bóveda elíptica conoidal ocupa dos partes, arrancando ó apoyando en los muros divisorios. De esto resultan dos aristas en cada division, que son huecas en lugar de salientes, llamándose al conjunto *bóvedas de rincon de claustro.*

La fig. 594 representa el modelo de la mitad del entramado de la bóveda por arista.

La fig. 595 es el modelo de la mitad del entramado de la bóveda de rincon de claustro. En ambas figuras se supone que las bóvedas están vistas por sus superficies interiores.

Los ángulos B, D (fig. 594) son los de los cuatro pilares que sostienen al entramado, y en particular á las piezas de arista que forman los salientes de dicha bóveda.

Los ángulos internos B' D' (fig. 595) están formados por los muros concéntricos y los muros de division que sostienen á las piezas de arista que expresan á las aristas huecas del *rincon.*

La bóveda anular tiene el centro en C. Los arcos B M B', D N D' son las proyecciones horizontales de sus arranques, cuyo meridiano generador es el círculo *b g d* (figura 596).

La traza B D del paramento de los pilares y la traza B' D' del paramento del muro de division se dirigen al centro C, siendo tangentes al círculo M E N E', descrito desde el punto G, mitad de la distancia ó separacion de los dos muros concéntricos.

La superficie de la elipse que cruza á la bóveda anular forma el cuerpo geométrico conocido con el nombre de *conoide,* que está engendrado por una línea recta que se mueve permaneciendo horizontal siempre, y apoyando por un lado sobre el eje vertical proyectado en el punto C, ó sobre el paramento de uno de los muros circulares *a'*, como se ha supuesto, sobre un plano vertical perpendicular al eje horizontal A C, cuya traza es la línea B B', que es el eje mayor de esta elipse; su eje menor es igual al radio *k g* (figura 596) del círculo generador de la superficie anular.

Dados los dos ejes de esta elipse directriz, se la puede trazar geométricamente por los métodos esplicados, ó bien se pueden determinar sus puntos por una série de construcciones gráficas en el modelo; el círculo D g'' D que se encuentra en el plano horizontal, es igual al círculo generador (fig. 596); luego el punto g'' se proyectará sobre el punto E, y para trazar el punto de la elipse correspondiente al punto m del círculo, es preciso proyectar horizontalmente este punto, en m'', y trazar la línea m'' e'' paralela á E e; la ordenada e'' q, que se hace igual á m'' m, da el punto q de la elipse; todos los demás puntos de la elipse directriz B′ g' q B se obtendrán del mismo modo.

Las aristas resultantes de la interseccion de la superficie anular y de la superficie conoidal son iguales y simétricas con relacion al eje A C, y están proyectados horizontalmente en B G′ D y B′ G D. Los puntos de estas curvas se determinan en proyeccion horizontal por medio de una série de planos horizontales que cortan á las dos superficies. Así, cada uno de estos planos corta á la superficie anular formando dos círculos y á la superficie del conoide segun dos líneas rectas. Estas cuatro líneas, al cruzarse, dan cuatro puntos x, x', y, y', que corresponden á las intersecciones de las superficies.

BÓVEDA POR ARISTA.—El cuchillo de la bóveda anular está representado en la figura 596; el cuchillo correspondiente al arco exterior del conoide está proyectado (figura 597) sobre un plano vertical cuya traza es la línea b b'.

El cuchillo correspondiente al arco interior del conoide está proyectado (fig. 598) sobre un plano vertical rebatido á la izquierda.

La fig. 599 es la proyeccion del cuchillo de arista correspondiente á la arista proyectada horizontalmente en G D; esta proyeccion está trazada en un plano vertical cuya traza horizontal es la línea R S (figs. 594 y 595), siendo la porcion C S (fig 599) tomada de la porcion Q S.

Todos los cuchillos de este entramado están compuestos de dos pié-derechos T, de un travesaño P que une á éstos, y de dos piezas arqueadas X que ensamblan con los pié-derechos del travesaño. Estas cinco piezas forman el arco de la bóveda; y en la mitad del cuchillo de arista representado en la figura 599 se ve la arista de interseccion de las dos bóvedas.

La carrera horizontal M N forma la cumbrera de la bóveda conoidal, la cual ensambla en M′ y en N′ con los travesaños P, P de los cuchillos extremos (figs. 597 y 598).

La otra carrera circular G O (fig. 594) forma la cumbrera de la bóveda anular, ensamblando por el extremo O en los travesaños del cuchillo (fig. 596), y por el otro extremo con la carrera M N.

Los cuchillos de arista se unen á la interseccion de las dos cumbreras, y forman en G una punta sin pendolon. La union de los travesaños de los cuchillos de arista con las piezas de cumbrera se verifica por medio de los rebajes 1-2-3, 4-5-6.

Las líneas 7-8-9, 10-11-12 son las proyecciones horizontales de las juntas extremas, de los ensambles de las piezas curvas de los cuchillos de arista con sus travesaños.

En V V′ están proyectados horizontalmente dos cuartones de la bóveda anular que se ensamblan en la pieza de cumbrera Q O y en los cuchillos de arista.

Los cuartones V V′ de la bóveda conoidal se ensamblan tambien en la pieza de cumbrera M N y en los cuchillos de arista, viéndose la ocupacion de uno de ellos, del V″, en la proyeccion del cuchillo de arista (figura 599).

La arista G D (fig. 594) ocupa el centro del cuchillo de arista, de modo que el paso del pié-derecho sobre el apoyo de obra de fábrica no está desviado segun la regla que se ha dado para las aristas de las cubiertas,

la cual no presenta ningun inconveniente para este caso; no obstante, si se desease cumplir con esta condicion, véase la fig. 600, en la cual se ve la construccion para desviar el pie-derecho y, por consiguiente, al cuchillo de arista.

Sea D G la proyeccion de la arista sobre D *f* que le es perpendicular en el punto D; se toma el espesor D *a* del cuchillo; se traza *a b* perpendicular á la cara del apoyo; *b d* paralela á D *a* determina la posicion del cuchillo desviado, bastando tan sólo trazar paralelamente á la arista D G las curvas que dan las proyecciones de los paramentos del cuchillo de arista.

Bóveda de rincon de claustro.—Los datos son los mismos que para la bóveda por arista, sólo que las piezas que eran rectas ó por lo menos horizontales se sustituyen por piezas arqueadas y recíprocamente.

De M á N (fig. 595) se halla un cuchillo como el representado en la fig. 596, de Y á E′ se halla otro cuchillo curvo segun la superficie conoidal, el cual está proyectado (fig. 601) sobre el plano vertical rebatido á la izquierda al girar al rededor de su traza *b b′*.

Los cuchillos G B′, G D que contienen las aristas entrantes ó arcos del rincon de claustro, se unen á los dos anteriores por medio de los rebajos 1′-2′-3′, 4′-5′-6′.

El cuchillo de arista G B′ está proyectado sobre el plano vertical cuya traza horizontal es la línea R S, habiéndose rebatido la parte Q R de C á R (fig. 602).

Estos cuchillos están compuestos y ensamblados del mismo modo que los de la bóveda por arista.

En Y Y′ están representados dos cuartones que corresponden á la parte de la bóveda anular, y en Z y Z′ otros dos cuartones que corresponden á la bóveda conoidal. Estos cuartones se ensamblan en los cuchillos de arista y en las soleras. En la fig. 602 están indicadas las ocupaciones de las piezas correspondientes al cuarton Z. Las curvas de los arcos de los cuchillos y de los cuartones están trazadas por los procedimientos gráficos indicados ya.

La fig. 603 representa el paso á través de una bóveda anular de igual ancho en ambas extremidades, habiéndose supuesto, además, que este ancho era igual al de la bóveda anular, puesto que estas dos dimensiones podrian ser desiguales; igual resultaria si las alturas de las dos bóvedas fuesen las mismas.

En carpinteria deben buscarse siempre formas y estructuras que faciliten la ejecucion de las obras conservando un buen aspecto general; así es que, para las bóvedas por arista y de rincon de claustro construidas sobre planta circular, pueden adoptarse curvas planas para las piezas de arista, de modo que resulten secciones practicadas en la bóveda anular (fig. 605) por medio de planos verticales que pasen por los puntos B, D, B′ D′ y el centro G, suponiendo entonces que la bóveda conoidal esté engenerada por una recta horizontal que apoye en las curvas G B, G B′, ó sobre las curvas G D, G D, en cuyo caso los cuchillos de aristas resultan planos y de muy fácil ejecucion.

La fig. 604 representa un cuadrilátero irregular A B D E que puede estar cobijado por una bóveda por arista ó por una bóveda de rincon de claustro, segun presente el edificio los cuatro ángulos A, B, D, E, de los cuatro pilares ó cuatro muros que forman los lados del cuadrilátero; en ambos casos, estas bóvedas, que motivan aristas salientes ó entrantes proyectadas en A G D, E G B′, no pueden ser más que bóvedas conoidales. El eje vertical de la una está en C, y el de la otra en C′; la directriz de la primera es la elipse D N E, rebatida sobre el plano horizontal que gira al rededor de su eje E D, la otra es la elipse E M A rebatida igualmente sobre el plano horizontal que gira al rededor de su eje A E. Estas dos elipses

tienen sus dos semiejes verticales P M, Q N iguales. Los puntos de las aristas resultantes de las intersecciones de las dos bóvedas tomados de cuatro en cuatro, se determinan por las de las cuatro generatrices C *n;* C*n'*, C' *m*, C' *m'*, tomadas á igual altura.

En vez de una elipse como á directriz de una de las bóvedas conoidales, se podria tomar un arco de círculo E M A ó E L A, siempre y cuando la directriz de la otra bóveda conoidal sea igualmente un arco de círculo y que las flechas de los dos arcos sean iguales.

Bóvedas góticas.—Al considerar algunas de las bóvedas de iglesia estilo gótico se ve la analogia que presentan con las construcciones de carpinteria. Si bien estas bóvedas no son más que combinaciones de superficies cilíndricas que se cruzan y producen aristas salientes y entrantes como en las bóvedas de que se acaba de tratar, estas mismas aristas se cubren con moldurados que afectan la forma de los sacos de los cuchillos de arista y de canal que vuelan entre los rellenos intermediarios.

La fig. 606 representa el detalle de una bóveda de madera de esta clase.

A B C D es una proyeccion horizontal en la cual se ve el interior de 12 aristas de interseccion de las bóvedas que se encuentran en el cruce de dos naves.

El cuchillo semicircular proyectado horizontalmente en A E D, está representado en proyeccion vertical en A *e d,* siendo la curva generatriz de cada una de las porciones de bóveda de las cuatro naves.

A-1-2-3-B es una seccion longitudinal por la línea *a b* del plano.

Esta seccion contiene la proyeccion vertical de la parte del entramado que se halla más allá del plano vertical que la produce.

Los cuchillos proyectados horizontalmente en A 1, A 4, B 4, B E y sus simétricos, terminan en los puntos 1, 3, 5; y como sus arranques corresponden con los pilares diagonalmente opuestos á A, B, resultan otros tantos cuchillos de arista, cuyas aristas se determinan por las secciones practicadas en las bóvedas por los planos verticales correspondientes á las líneas de centro de los cuchillos. Estas aristas sirven de base á superficies cilíndricas cuyas generatrices son horizontales como las de las demás porciones de bóveda, pero que forman ángulos rectos con las de las demás porciones de bóveda en que se encuentran dichas aristas. De la posicion de estas superficies cilíndricas se deduce que al cruzarse forman aristas entrantes correspondientes á los cuchillos proyectados en A-6, B-7, y las opuestas diagonalmente á éstas terminan en los puntos 8 y 9.

La línea quebrada *m n o p q* es la proyeccion horizontal de una seccion hecha por un plano horizontal en las superficies interiores de estas bóvedas, y determina cuáles deben ser las aristas salientes y las entrantes.

Los pendolones colgantes reciben los derrames de los cuchillos de arista. El techo cuadrado y horizontal 6-7-8-9 corresponde á las horizontales más elevadas de las bóvedas, y sus ángulos reciben las ocupaciones de los cuchillos correspondientes á las aristas entrantes.

En la proyeccion vertical se ven las ocupaciones de las piezas que se ensamblan unas con otras, y tambien la posicion de las cadenas horizontales que ensamblan en los cuchillos segun las horizontales de las superficies de las bóvedas.

CUBIERTAS ESFÉRICAS

Las cubiertas pueden ser esféricas exterior ó interiormente. En el primer caso, se las llama cúpulas, de que se tratará más adelante.

En el segundo caso, la forma esférica interior generalmente no es más que una disposicion destinada á recibir un revoque que dé á las paredes el aspecto del intrados de una bóveda.

Tambien puede darse el caso de bóvedas cuya forma esférica debe ser aparente tanto exterior como interiormente, lo cual da lugar á iguales combinaciones.

Las figs. 607 y 608 representan las proyecciones de la combinacion más comunmente empleada.

Las coronas M N, M′ N′ formadas por maderas escuadreadas en forma circular, están sostenidas por porciones de cuerdas C C′ C″ ensamblando á caja y espiga, y cuyo sistema apoya en la solera circular S Z. Las caras laterales de cada cuerda son paralelas al plano meridiano que las divide en dos partes iguales; tanto su cara exterior como la interior son esféricas.

Las caras superiores é inferiores de las cadenas que forman estas coronas son superficies cónicas; para la primera corona M N, el perfil de la cadena y el cuadrado 1-2-3-4, formado por los dos arcos 1-2, 4-3, que corresponde á los círculos mayores meridianos de la superficie interior y de la exterior, y de dos rectas 4-1, 3-2 paralelas al radio O N. Siendo el punto N uno de los que dividen al arco meridiano de la bóveda en partes iguales, y que determina los emplazamientos de las cadenas, las líneas o-4, *o′*-3′ son las generatrices de las superficies cónicas superiores é inferiores de la extension de cadena M N, encontrándose los vértices de estas superficies cónicas en los puntos *o*, *o′*.

Las extensiones de las cadenas continuas se hacen en forma de corona; las partes de las curvas que las constituyen se ensamblan por medio de juntas al tope, distribuidas entre los ensambles de las cuerdas, sostenidas por los fragmentos de cuerdas que se encuentran debajo y que reciben á las que se encuentran encima, cuya combinacion es la única que permite el ensamble á caja y espiga en las maderas.

Si las cuerdas se construyesen de modo que formasen una sola pieza en toda la altura de la bóveda, ya no seria posible ensamblar en ellas las cadenas á caja y espiga, debiéndose ensamblar entonces por entalladura, lo cual no ofreceria la misma solidez.

Todas las cuerdas se unen al vértice de la bóveda ensamblando en un tronco de cono proyectado horizontalmente en C, por medio de dos círculos concéntricos, y proyectado verticalmente en 5-6-7-8; los dos lados 5-6, 8-7, que son los generatrices del tronco de cono, tienden á dirigirse al centro O de la esfera. En algunos casos, este tronco de cono que constituye una especie de espigon de ensamble, se prolonga en forma de pendolon, siempre que el entramado esférico se combine con una cubierta diferente de su extrados.

La fig. 609 representa una escuadra que se emplea para comprobar el escuadreado de las cadenas circulares.

En las figs. 610 y 611 el escuadreado se ve en el perfil de las cadenas.

La fig. 612 es un calibre cortado segun un arco de círculo de la esfera interior, que sirve como guia para rebajar las cuerdas y las cadenas siguiendo exactamente esta superficie.

La fig. 613 es otro calibre tallado segun la curvatura de la superficie exterior, para guiar la redondez de las superficies exteriores de las cadenas y de las cuerdas.

La fig. 614 es una guia muy cómoda para comprobar la curvatura de las superficies convexas, y la fig. 615 para las superficies cóncavas, tanto de las cadenas como de las cuerdas.

Cubiertas elipzoidales.—Estas cubiertas se emplean para los mismos usos que las esféricas, bien sea para representar exteriormente formas rebajadas ó peraltadas, ya

para dar el aspecto interior de una bóveda elipzoidal. En el primer caso, se las traza como si fueran cúpulas; en el segundo caso, se las construye como las cubiertas esféricas.

Los entramados que presentan la forma de bóveda esférica ó esferoidal, se cubren comunmente con techos cónicos, cuya forma concuerda perfectamente con la de la bóveda, y permite emplear cuchillos radiados al rededor del eje vertical comun á las dos superficies; pero si el entramado ofrece interiormente la forma de bóveda elipzoidal, y se le debe cubrir con una cobija cónica, entonces se presentan algunas dificultades para combinar las maderas de modo que las cubiertas satisfagan á ambas superficies.

La fig. 616 representa la planta de una sala elíptica que debe cubrirse con una bóveda elipzoidal cobijada por una cubierta cónica cuya base es una elipse igual á la de a planta. La fig. 617 es la proyeccion vertical de un cuchillo trazado en la direccion del eje mayor A B de la elipse. La fig. 618 es el cuchillo correspondiente al eje menor E F.

La mitad de la derecha de las figs. 616 y 617 representan en proyeccion una série de cuchillos paralelos al del eje menor.

Cada uno de estos cuchillos presenta, para la bóveda, un arco en forma de elipse, resultante de las secciones hechas en la elipzoide por las caras verticales del arco de la forma, y para la superficie de la cubierta presenta secciones hiperbólicas.

La fig, 619 es una proyeccion vertical del cuchillo M N (fig. 616), construido en esta hipérbole.

La mitad de la izquierda de las figs. 616 y 617, presenta un sistema en el cual los cuchillos, como el P Q (fig. 616), colocados normalmente á la elipse de la planta, van á parar á un mismo cuchillo que las soporta. Los arcos de estos cuchillos son arcos de elipse, y sus perfiles superiores correspondientes á la cubierta son arcos de hipérbole de muy fácil construccion.

En ambos sistemas las correas se apoyan, como siempre, en los cuchillos, por filas elípticas horizontales, cuyas correas, suficientemente aproximadas unas á otras, reciben directamente las tablas, clavadas de modo que el hilo de la madera siga la direccion de las generatrices del cono. En el interior, los cuchillos pueden quedar vistos, en cuyo caso se clavan las tablas de revestimiento en las ranuras labradas en las aristas de los arcos.

En la fig. 620 se supone que el plano del espacio que debe cubrirse es un óvalo formado por cuatro arcos de círculo $p\ m$, $m\ p'$, $p'\ m'$, $m'\ p$, cuyos centros se hallan en c, q, $c'\ q'$.

El perfil de la bóveda (fig. 621), es un óvalo descrito con los centros x y z. Su intrados, cerca del arranque, está formado por cuatro superficies de revolucion engendradas por una parte del arco de círculo $a\ b$, que gira sucesivamente al rededor de los ejes verticales que pasan por los puntos $c\ q$, $c'\ q'$, y de un casquete tal, que toda seccion hecha por un plano vertical $v\ s\ s\ q'$ que pase por un eje q ó q', sea un arco de círculo cuyo centro se halle sobre una vertical comprendida en s en un plano vertical cuya traza sea el eje mayor A B, y sea tangente al arco generador de la superficie de revolucion del arranque.

Este modo de engendrar la curva tiene la ventaja que, en la práctica, no deba construirse ninguna elipse: en particular si se disponen los cuchillos tal como están representados del lado C B, en la proyeccion horizontal, cuya disposicion es preferible á la de la izquierda, por cuanto solo deben trazarse arcos de círculo, por ser los planos verticales medios de los cuchillos los meridianos que han servido para la construccion de la superficie.

Las figs. 622 y 623 son las proyecciones de otras dos combinaciones empleadas para cubrir el mismo espacio elíptico.

En este caso, se supone que tanto la bó-

veda como la cubierta están cortadas por una linterna elíptica, que es, con relacion á sus ejes, semejante á la elipse que forman las soleras.

A la izquierda, los cuchillos están dispuestos como los de un pabellon rectangular, es decir, que dos cuchillos principales M N coinciden con las diagonales C D del rectángulo formado sobre los semiejes. Estos cuchillos apoyan en las soleras y ensamblan en la corona de la linterna, recibiendo cada uno de ellos el ensamble de dos sistemas de cuchillos P Q, Q R, paralelos á los cuchillos H I, J L, colocados en los ejes y equilibrándose en ambos lados, como las cuerdas en los caballetes de las cubiertas planas. Si la cubierta no llevase linterna, los cuchillos M N y H I, J L ensamblarian en un pendolon central C.

A la derecha de la misma figura, los cuchillos U V son todos independientes unos de otros y están colocados radialmente. Los arcos de estos cuchillos son elípticos y tienen todos un mismo eje vertical; sus ejes horizontales son iguales á los radios; sus pares son rectos y coinciden con las generatrices de la superficie cónica del techo.

Esta última combinacion es la más sencilla y la más fácil, empleándosela en particular cuando se desea que el revestimiento interior de la bóveda presente compartimientos en forma de artesonado.

Monge ha aplicado al elipzoide su teoria de las líneas de curvatura de las superficies. En la fig. 624 se representa una reduccion de la que ha publicado en el *Journal de l' Ecole Polytechnique,* para la proyeccion horizontal de las líneas de curvatura de la elipzoide, y en la fig, 625, la proyeccion vertical de las mismas lineas sobre el plano que pasa por el eje mayor *a b* de la elipse horizontal. La fig. 626 es la proyeccion de las curvas sobre el plano vertical que pasa por el eje menor *d e* de la misma elipse horizontal.

Las líneas de curvatura se cortan sobre la superficie, en la cual están trazadas formando ángulos rectos, y por consiguiente forman compartimentos ó divisiones rectangulares. Este sistema de division de la superficie del elipsoide es muy á propósito para la construccion de una bóveda de sillería; la construcción de una bóveda de madera, segun el sistema de las líneas de curvatura, no ofrece tampoco ninguna dificultad, puesto que los cuchillos se colocan segun las líneas de curvatura *m p m, u q u;* las cadenas, que siguen las direcciones de las curvas *x z, x z*, las cortan á ángulos rectos, con lo cual resulta ensambles de muy fácil ejecucion; sin embargo, no deja de resultar una gran merma en madera á causa de la curvatura de todas las piezas y mayor cantidad tambien de mano de obra y por lo mismo mayor coste.

CUBIERTAS CÓNICAS

Cubierta cónica con solo pendolon.—Las cubiertas cónicas se emplean generalmente para cubrir espacios circulares, en particular las torres, como se observa en algunos castillos antiguos, en cuyo caso, la cubierta afecta la forma de un cono recto de base circular, como la representada en la figura 627,

Los espacios circulares con galerias circulares tambien, llevan igualmente cubiertas cónicas de dos vertientes, interior la una, formada por una superficie cónica, concava del lado del patio interior, y exterior la otra formada por una superficie cónica-convexa (figura 628.)

Las figs. 629, 630, 631, 632 representan en proyeccion vertical y horizontal los detalles de construccion de una cubierta cónina.

La fig. 630 es la proyeccion horizontal

del trazado al nivel de las soleras, viéndose en él las espigas de ensamble de las cuerdas á mitad de la altura de la cubierta. La parte de la izquierda (fig. 632), representa la proyeccion horizontal del exterior del entramado.

La fig. 629 es el perfil de un cuchillo con las secciones de las cadenas M', N', O'. La figura 631 es la proyeccion vertical ó alzado del entramado exterior completo.

La fig. 633 es el perfil de un ensamble de las cuerdas con las soleras, de mejores resultados que el que generalmente se hace, á causa de que la solera lleva un reborde para recibir las tablas del enlatado.

La fig. 634 es la proyeccion vertical del pendolon central en el que ensamblan las cuerdas á caja y espiga con espera.

La fig. 635 es la proyeccion vertical de un pendolon de igual clase, en cuyo vértice, la punta cónica tiene un reborde suficiente para quedar en el mismo plano de las tablas que forman la superficie exterior de la cubierta.

La fig. 636 es el vértice del pendolon en el cual ensamblan las cuerdas.

La fig. 637 es una proyeccion de las tres cuerdas sobre un plano tangente á la cubierta cónica. El punto *s* es el vértice del cono; el punto *a*, el pié de la cuerda; de modo que *s a* es igual á *sa* de la fig. 631. y esta línea *s a* es la generatriz de contacto del plano iangente y del cono. La fig. 638 representa la proyeccion de la línea *s a* y de los arcos de círculo que contienen las ocupaciones de las cuerdas sobre la solera.

En la fig. 637 están indicadas las operaciones necesarias para proyectar sobre el plano tangente las líneas de centro y los gruesos de las cuerdas *s b* es la proyeccion del centro de la base del cono; *m b*, *n b* son las proyecciones de las trazas de los planos centrales de las cuerdas sobre el plano de las soleras, y las líneas *d m*, *d n* son las trazas de los planos tangentes á las caras de las cuerdas *s m*, *s n;* en *a g* se encuentra la ocupacion de la cuerda *s a*.

La fig. 638 presenta en proyeccion horizontal la repeticion de la parte de la fig. 630 que comprende las tres cuerdas *s m*, *s a*, *s n*. La primera cadena está proyectada horizontalmente en M y verticalmente en M'.

En P y en P' se encuentra la proyeccion vertical y la horizontal de la pieza de madera recta y escuadreada, de modo que contenga á esta cadena curva, comprendida la longitud de sus espigas. Los rectángulos circunscritos á las proyecciones M y M' de la cadena, llevan las mismas cifras que los rectángulos P y P',

La fig. 639 representa la posicion de una cadena curva en la pieza escuadreada.

Una vez cortada la cadena segun su curvatura, se la coloca convenientemente sobre el plano, de modo que las líneas generatrices del centro de sus caras cónicas correspondan perpendicularmente con la línea *s a*, en cuya posicion se pican ó señalan los ensambles con las cuerdas por los procedimientos que ya se conocen. Estos cortes presentan la forma proyectada horizontalmente en la fig. 640, y en perfil segun la línea *x y*.

La fig. 641 es el perfil de una cubierta cónica que cobija una bóveda circular ojival, cuyo pendolon es colgante interiormente.

La fig. 642 es el perfil de una cubierta cónica que cobija una bóveda esférica.

A veces se sustituye la mitad de una bóveda cónica por una de caballete para terminar en la estremidad de una cubierta transversal, como se ve en algunas cubiertas de iglesia. Esta forma está representada en D (figuras. 643 y 644). Del mismo modo dos porciones de superficies cónicas pueden formar tambien caballetes con aristas salientes, como espresan las figs. 645 y 646.

CUBIERTA CÓNICA CON CUMBRERA CIRCULAR. Las cubiertas á dos vertientes, como la de la

figura 628, de forma anular, se emplean solamente en edificios de una grande extension que cierran un gran patio circular. Su construccion requiere cuchillos como los de los edificios ordinarios, y en en vez de ser paralelos se les coloca en forma radical. La figura 647 es la proyeccion horizontal de la parte de una cubierta cónica de esta clase. Los cuchillos están colocados en G, G, G, con tendencia al centro C. Uno de estos cuchillos está proyectado verticalmente en la figura 648. Atendida la gran extension de la cubierta, cada cuchillo está compuesto, como en las cubiertas ordinarias, de dos pares que sostienen á las correas que soportan á las cuerdas.

Estas correas son de seccion cuadrada, y afectan longitudinalmente la forma circular concéntrica al muro de sostenimiento.

Compartimientos en las bóvedas de carpinteria.—Siempre que se desee que el entramado de una bóveda forme dibujo interior, se distribuyen las piezas que la constituyen de modo que formen *artesonado;* es decir, que las piezas de madera que marcan las divisiones de los compartimentos y que forman al rededor de cada uno de ellos espacios regulares, son salientes sobre los fondos de relleno, en los cuales se colocan florones ó piñas de relieve.

Las cajas de artesonado de las bóvedas cilíndricas son iguales; en las bóvedas esféricas, en las cónicas y en los techos circulares, están distribuidas por filas horizontales y por divisiones meridianas.

Artesonado de una cúpula esférica.—La condicion más comunmente atendida para la forma de esta especie de cajas, es que cada una de ellas presente en la superficie esférica la forma de un cuadrado en el cual pueda inscribirse un círculo, para que, como generalmente se hace, se les pueda decorar con piezas pintadas ó esculturadas circulares. Antiguamente se procedia de distinto modo; lo que se hacia era desarrollar una porcion de esfera, como hacen los geógrafos, comprendida entre los círculos tangentes á las cajas de todas las filas, distribuyéndoles por medio de otros círculos tangentes entre sí, y tambien á las dos curvas trazadas por puntos y marcando la longitud del desarrollo aproximado del espacio esférico.

De entre todos los métodos para la distribucion de las cajas de artesonado, el mejor, el más sencillo y el más claro es el de Emy.

Sea (fig. 649) *a b d* el círculo mayor horizontal ó arranque de una bóveda esférica, y *a s s d* (fig. 650) el círculo mayor vertical de la superficie de su cúpula.

Si se suponen dos planos verticales cuyas trazas horizontales sean *c m*, *c m*, estos dos planos determinarán en la cúpula esférica dos grandes círculos meridianos. Supóngase además una esfera proyectada verticalmente en G y horizontalmente en *g*, de modo que sea tangente á los dos planos verticales.

Hágase mover esta esfera de modo que suba verticalmente sin dejar de ser tangente á los dos mismos planos, y así su centro recorrerá la vertical G G^5 (fig. 650). Supóngase además que, colocado el ojo en el centro C, se vaya viendo la esfera móvil sobre la línea G G^5 á través de la cúpula supuesta transparente; en cualquiera de los puntos en que se encuentre, se determinará su imágen en la superficie esférica de la cúpula bajo la forma de un círculo tangente á los dos círculos meridianos; ó lo que es lo mismo, en cualquier punto en que se encuentre la esfera móvil, se la puede suponer desarrollada por un cono cuyo vértice está en C, cuyo cono será tangente á los dos meridianos, y su interseccion con la superficie interior de la cúpula será un círculo igualmente tangente á los círculos meridianos. Lo mismo se verificará con la esfera menor *g*, cuya consideracion basta para poder trazar rigurosamente la distribucion de las cajas de artesonado en la superficie de la cúpula.

Habiéndose determinado por medio de una horizontal *h h* la altura en donde debe principiar la primera fila de cajas, se traza por el punto C la línea *c h t;* en el plano horizontal se distribuyen los meridianos que marcan los emplazamientos de las cajas y de los espacios ó fajas que las deben separar unas de otras. Suponiendo que la circunferencia de la cúpula comprenda 24 cajas, resultarán las trazas de los meridianos *c m*, *c m, c m'*, *c m'*, *c m''*, *c m''*, *c m'''*, *c m'''*, etc.

Sobre la proyeccion horizontal, trácese el círculo que es la proyeccion horizontal de la esfera móvil *m m*, y trácese en G, sobre la proyeccion vertical, el mismo circulo, que es la proyeccion de la misma esfera cuyo centro se encuentra sobre la vertical G G^5, y que es tangente á la línea C *h t;* la interseccion de su segunda tangente C *v* con el círculo mayor, que es el perfil de la cúpula, determina de *h* á *i* la altura de la primera fila de cajas.

Una vez proyectados en C *n* y C *n* (figura 649) los dos meridianos que marcan el ancho de la faja de separacion de las cajas, trácese en *g* un círculo, que es la proyeccion de una esfera cuyo centro se encuentra en la misma vertical proyectada en *g*, y que es tangente á los dos meridianos *c n*, *c n*. Sobre la proyeccion vertical trácese tambien en *g* un círculo de igual radio que el anterior, cuyo centro se encontrará sobre la vertical G G^5 y que es tangente á la línea C *v;* este círculo es la proyeccion de la esfera tangente á los meridianos *c n*, *c n*, y cuyo centro puede moverse iguálmente á lo largo de la vertical G G^5

La tangente C *t'* á esta esfera señala, por su interseccion con el círculo vertical mayor de cúpula, el ancho *i h'* del campo ó faja que debe separar á la segunda fila de cajas de la primera.

Para determinar la altura de esta segunda fila, se traza el círculo G', tangente á la línea C *t'*, cuyo centro, encontrándose sobre la vertical G G^5, la tangente C *v'* marcará la altura de la segunda fila de cajas.

Trazando de este modo y alternativamente los círculos *g'*, G^2, g^2, G^3, g^3, G^4, g^4, G^5, y sus tangentes comunes C t^2, C v^2, C t^3, C v^3, C t^4, C v^4, C t^5, C v^5, se tienen en *h*, *i*, *h'*, *i'*, *h''*, *i''*, etc., las alturas de las cajas y de las fajas que las separan determinadas por estas tangentes.

Esta distribucion determina los emplazamientos y las dimensiones de las cuerdas meridianas y la posicion de las cadenas que forman las cajas.

La derecha de estas dos figuras representa una construccion de silleria y la izquierda una construccion de madera.

ARTESONADO DE UNA BÓVEDA CIRCULAR OJIVAL.— La figura 651 es el perfil de una bóveda ojival, cuyos arcos de círculo *x x'*, engendradores de la superficie, tienen sus centros en *o'* y *o*. La figura 652 representa un fragmento de su planta. El punto *c* es la proyeccion horizontal del eje vertical *c x'* de la cúpula. Los detalles trazados en estas dos figuras demuestran la aplicacion del mismo método para esta clase de bóveda; la division de la circunferencia de cúpula determina los ángulos que forman los meridianos *c m*, *c m* para fijar el ancho *a a* de las cajas, y los ángulos *c n*, *c n* para el ancho de las fajas que las separan; los circulos *m m*, *n n*, cuyo centro comun se encuentra en el punto *g*, son las proyecciones de las esferas móviles sobre la vertical G G' (fig. 651) y tangente á los meridianos.

El primer círculo G (fig, 651) está suficientemente alto para que, despues de trazada la línea G *o* y la tangente *s t*, quede el campo *x y* de debajo de la primera fila de cajas con el ancho suficiente para la faja; la tangente *s v* determina en la bóveda la altura *y z* de la primera fila de cajas.

El círculo *m' m'*, descrito desde el centro *o*, debe ser tangente á las líneas *s m'*,

s m', que son las prolongaciones de las tangentes *s t*, *s v*.

Habiendo descrito de un punto cualquiera de la línea C G' un circulo *g* igual al círculo *n n* de la fig. 652, proyeccion horizontal de la esfera menor, únase el centro de este círculo con el centro *o*, y por el punto *s'* en donde esta línea corta al eje vertical; tírense las tangentes á este círculo, las cuales prolongadas determinarán el diámetro de un círculo *u' n'* cuyo centro debe encontrarse en *o*.

Ahora, por el punto *z* tírese la línea *u n'* tangente al círculo *n n'* y trácese el círculo *g* tangente á esta línea, de modo que, encontrándose un centro sobre la línea G G', su tangente *s u* señala el ancho del cuerpo *z r* sobre el perfil de la bóveda. Trácese luego la tangente *m' s' r* al círculo *m m'* prolongándola hasta *t'*; el círculo G' es tangente á esta linea, y trazada la línea G' *o*, su tangente *s' v'* determina la altura *r q* de la segunda fila de cajas. Del mismo modo pueden irse determinando en la bóveda el número de cajas y de fajas de artesonado que convenga.

Los círculos horizontales que pasan por los puntos *y*, *z*, *r*, *q*, etc., determinarán por su encuentro con los meridianos, las separaciones de las cajas entre sí, las cuales por su estructura pueden recibir moldurados y adornos circulares igualmente distantes de sus bordes.

Cajas de artesonado de una bóveda cilíndrica. —La figura 653 es el perfil de una bóveda cilíndrica, y la figura 654 su proyeccion horizontal. Estas dos figuras demuestran la posibilidad de aplicar tambien en este caso el método que se acaba de describir, si bien es innecesaria su aplicacion por poderse distribuir directamente las cajas de artesonado.

Cajas de artesonado de una bóveda cónica.— La figura 655 representa la seccion de una bóveda cónica, siendo la figura 656 su proyeccion horizontal; los dos círculos *m m*, *n n* son las proyecciones de las dos esferas que corresponden á la division de la circunferencia de la torre, por los meridianos que señalan los anchos de las cajas y de las fajas. Haciendo centro en un punto cualquiera *f* de la vertical en donde se mueven las esferas, descríbanse dos círculos que serán las proyecciones de las mismas; por este punto *f* tírese una perpendicular *f k* al perfil de la cubierta cónica, la cual encontrará en *k* al eje vertical; por este punto tírense tangentes á los dos círculos descritos en *f*.

Las tangentes *s t*, *s t'*, *s' u*, *s' u'*, *s'' v' s'' v'* etc., paralelas á las anteriores, son las que determinarán las posiciones de los círculos *g*, *g'*, *g''* y los puntos *y*, *z*, *v*, *q* son los que marcan las alturas de las cajas y los anchos de las fajas horizontales.

Cajas en un arco de fachada plano y circular. —La figura 657 es la proyeccion vertical de un arco que forman la extremidad de una bóveda cilíndrica.

La fig. 658 es un fragmento de su planta. Ambas figuras se refieren á la distribucion de las cajas y de las fajas de dicho arco, de modo que en cada una de las cajas y en las intersecciones de las fajas, se les puedan inscribir circulos *x* é *y* tangentes á los cuatro lados.

La fig. 659 demuestra que, habiendo trazado el ángulo A C D que resulta de la division de las cajas, la diagonal D *c*, que divide el ángulo A D C en dos partes iguales, da el centro *e* del círculo tangente á los cuatro lados de las cajas, é igualmente las líneas *d e'*, d' *e''*, paralelas á D *e*, dan tambien sobre la línea E E los centros de las demás cajas. Las líneas *b e'*, *b' e''* paralelas á B *e*, dan los mismos centros.

Cajas de artesonado en una bóveda elipzoidal. —La figura 660 es el perfil de una cúpula elíptica rebajada, y la figura 661 es un fragmento de su planta. Las esferas G y *g* tienen, como anteriormente, sus centros sobre la vertical G G' sus diámetros se determinan

por los ángulos formados por los meridianos C *m*, C *m*, C *u*, C *u'*, y los puntos *y*, *z*, *r*, *q*, se determinan sobre el perfil de la bóveda por medio de las tangentes á estas esferas, cuyas tangentes lo son tambien á las curvas F M, P M, Q M trazadas antes; la primera, F M, como desarrollo de la elipse del perfil A P B; la segunda, Q M, como envolvente de todas las tangentes inferiores que pueden izarse á una esfera S en todas las posiciones que pueda tomar sobre la vertical S G tiradas por los puntos en donde la línea que pasa por el centro de la esfera y normal á la curva del perfil, encuentra al eje. De este modo la línea G' *s*, tangente al desarrollo de la elipse cortando al eje en *s'*, la tangente *s k* tocará á la curva Q M.

La tercera curva P M se construye del mismo modo, con relacion á la esfera *g*. Así, la línea *g s'* es tangente al desarrollo de la elipse, corta al eje en *s'*, y la curva P M se halla ser tangente á la línea *s i'*, que es la tangente inferior del círculo *g*.

CAPÍTULO XX

CANALES Ó ARISTAS ENTRANTES

CANALES ENTRE CUBIERTAS PLANAS.—CANALES RECTAS DESBASTADAS.—Cuando dos cubiertas de alturas distintas se cruzan, sus intersecciones forman aristas entrantes, que sólo alcanzan la altura de la cubierta más baja.

La figura 662 representa en proyeccion horizontal la interseccion de dos cubiertas forman aristas entrantes ó canales *a b*, *a d*.

Se supone que la cubierta más elevada A es seguida, y que la cubierta menor se une á ella á junta plana.

Se concibe que, para sostener las correas y las cuerdas de la cubierta menor correspondientes al triángulo *b a d*, así como tambien á los fragmentos de cuchillos que la porcion de este triángulo necesite para sostener la parte de cubierta que le corresponda, es preciso colocar ó apoyar sobre la cubierta mayor un sistema de piezas que reciban los ensambles de las maderas de la menor para que se sostengan.

Las figs. 663, 664 y 665 representan los detalles relativos al cuchillo de canal correspondiente á las aristas entrantes *a b*, *a d* de la fig. 662, comprendidos dentro del rectángulo 1-2-3-4.

La fig. 663 es una proyeccion horizontal de los detalles; la fig. 664 es una proyeccion sobre un plano vertical paralelo á la cumbrera *c d* de la cubierta mayor, ó á la línea *b d* (fig. 663), que es la línea de ocupacion de las cuerdas de dicha cubierta mayor.

La fig. 665 es un corte ó proyeccion sobre el plomo vertical paralelo á la línea *f e* (figura 662), y representa tambien el perfil de la cubierta mayor y la parte inferior de uno de sus cuchillos.

M N (fig. 663), es la proyeccion horizontal del cuchillo de la cubierta menor más cercana á la línea de intersección; *b a d*, es la proyección horizontal del cuchillo de canal, apoyado en las cuerdas de la cubierta mayor.

b a d (fig. 664), es la proyección vertical del cuchillo M N de la cubierta mayor y tambien la proyección vertical del cuchillo de canal *b a d*.

M F (fig. 665) es la proyección del cuchillo M N, y *b r* es la proyeccion del cuchillo de canal aplicado sobre la cubierta mayor.

En M' N' (fig, 663), y en M' F' (fig. 665) se halla una parte del cuchillo de la cubierta menor que ensambla en el cuchillo de canal para sostener las correas.

El cuchillo de canal se compone de las mismas piezas que los cuchillos principales de la cubierta menor, diferenciándose únicamente de éstas por la oblicuidad de las caras de sus piezas.

La proyección horizontal del cuchillo entrante es muy fácil de construir, por cuanto las aristas de todas las piezas que le constituyen son las intersecciones de los planos de las caras de ensamble de estas piezas con los planos de las caras de paramento que son paralelas al plano de la cubierta mayor. Esta proyeccion se deduce, por consiguiente, del cuchillo de la fig. 664 y de su proyeccion *b a* (fig. 665).

Las correas y las cuerdas están indicadas en esta figura, no así en la fig. 663, para evitar la confusion de líneas; sin embargo, en ésta se han trazado los egiones y las ocupaciones de las cuerdas con sus cajas.

La fig. 665 es el plano de trazado del cuchillo de canal, indispensable para la colocación y trazado de las maderas y para cortar los ensambles.

Esta proyeccion se deduce de las longitudes de la fig. 662; y en cuanto á las alturas, éstas se miden sobre el plano de la cara de paramento del cuchillo *b a* (fig. 665), sobre del cual están proyectadas por medio de perpendiculares. En la misma están indicados los perfiles de las distintas piezas cortadas por planos perpendiculas á los paramentos del cuchillo entrante ó de canal, cuyas trazas están espresadas por líneas de puntos; estos cortes son indispensables para poder desbastar las varias piezas que componen el cuchillo entrante, antes de colocarlas sobre el modelo para señalar sus ensambles.

El fragmento de la fig. 666 es un detalle del ensamble en N' (fig. 663) del par de la derecha del cuchillo vertical M' N' con el par de la derecha del cuchillo de canal.

N es la proyeccion horizontal del par entrante en el cual se verifica el ensamble. N' es la proyeccion vertical de la misma pieza sobre el plano vertical, como en la figura 665. M es la proyeccion del par del cuchillo de la cubierta menor vertical ensamblado con el par de canal,

N'' es una proyeccion del tratado de este misma por entrante, sobre el plano de la cara de paramento, indicándose el trazo de la ocupacion y la espera del ensamble con su caja.

m es un trazado del par de canal sobre el plano del enlatado de la cubierta menor.

La fig. 667 es una seccion del par *n*, segun la línea *x y* para proceder á su desbaste.

En la fig. 666, las líneas *g e*, *g'' e''*, que indican las direcciones de la ocupacion de la espera, se determinan haciendo *b e* y *b'' e''*, iguales á la línea *b'* e', siendo la línea *q e'* la direccion de la espera perpendicular á las aristas de la pieza *n*.

Canales entrantes. En alguos casos se puede evitar la construccion de un cuchillo completo entrante, estableciendo canales comunes á las dos cubiertas dispuestas como en las de canales enteras, esto es, como en la interseccion de las cubiertas de igual altura, ó que las cumbreras se hallan en un mismo plano horizontal, en cuyo caso recibirán los ensambles de los cuartones de los entramados de la cubierta mayor y de los entramados de la cubierta menor.

La fig. 668 es la proyeccion horizontal de dos cuerdas de canal comunes á las dos

cubiertas; la fig. 669 es una proyeccion vertical de frente; y la fig. 670 es una proyeccion vertical de perfil, representando á estas mismas canales. La cumbrera de la cubierta menor ensambla con la cuerda *c* correspondiente al ángulo del vértice de las canales, cuya cuerda sirve al propio tiempo de pendolon para las dos canales ensamblando en él á caja y espiga con espera, con un enrasamiento por sobre la cara externa de la cuerda de la cubierta mayor. Los dos derrames de las cuerdas que forman este enrasamiento están proyectados por el triángulo 4-5-5′ (figura 670), y por la línea 4-5 (fig. 668).

Si estas canales tienen una gran estension, necesitan un trazado horizontal formado por dos travesaños *k k'* apoyados en los ángulos de los muros de union de las dos crujias, ensamblados á un tirante *t* de la cubierta mayor y entregados á un can G ensamblado entre dichos travesaños.

El puente E de la cubierta mayor tiene su entrega en el puente menor H ensamblado en las cuerdas de canal *a b a' b'*.

Fig. 671 es un trazado de las dos cuerdas de canal, consideradas como canales enteras, formando ensamble con la cuerda C de la cubierta mayor que forma pendolon y un puente pequeño H.

Canales para correas.—Siendo las correas las piezas de sosten inmediatas de las cuerdas, se representa en las figs. 672, 673 y 674 la proyeccion horizontal, la vertical y la de trazado de la disposicion en la cual las correas de ambas cubiertas están sostenidas simultáneamente por dos piezas P P, llamadas *canales de las correas*, y que reciben su ensamble.

El egion T ensamblado entre dos correas de la cubierta mayor es el que recibe á la cumbrera de la cubierta menor.

Las líneas *x y* (figs. 672 y 675), que señalan las direcciones de las juntas de las correas de la cubierta menor en las piezas de las canales P, se deducen de las mismas líneas (fig. 673). Habiéndose trasladado el punto *y* á la altura *v y* (fig. 674), la distancia *u y* lo está en la fig. 675, y el ancho *u v* lo está de *u* á *y* en la fig. 672.

Canales en esviaje.—Sucede á veces que el ala de un edificio no se une al otro á ángulo recto, sino formando ángulos más ó menos agudos ú obtusos, cuyo caso está representado en la fig. 676, dando lugar á las canales en esviaje *a b, a d.* Las figs. 512 y 513 representan los detalles de estas canales comprendidas en el cuadrilátero 1-2-3-4 de la fig. 676.

La fig. 513 es la proyeccion vertical de uno de los cuchillos *m n* de la cubierta menor, y es, por consiguiente, la proyeccion vertical del cuchillo de canal *b a d.*

Siendo la línea *b d,* la línea de derrame de la cubierta mayor, si se supone que la línea C *a'* (fig. 512) sea la traza de un plano vertical que corta perpendicularmente á la cubierta mayor, y que se hace girar este plano vertical al rededor de la línea vertical proyectada en C hasta colocarle paralelamente al plano de la proyeccion de la figura 513; si se supone además que *a a'* sea la proyeccion de una horizontal del entramado de la cubierta mayor; si se toma *a a'* (figura 513) igual á C *a'* (fig. 512), la recta *c' a'*, será el perfil de la cubierta mayor, siendo la línea *g' o'* paralela á *a a'* la que marcará el espesor que se desea dar al cuchillo de canal, y que generalmente se hace igual al de los demás cuchillos de la cubierta menor. En este caso, será muy sencillo poner este cuchillo de canal en proyeccion horizontal, puesto que las aristas de sus piezas son las intersecciones de los planos de las caras de ensamble con los dos planos paralelos cuyos perfiles son *c' a' g' o'* que siguen la pendiente de la cubierta mayor.

Se han trazado en proyeccion horizontal los cuchillos de la cubierta menor en *m n, m n,* y tambien las porciones de los cuchillos de esta misma cubierta que no pueden

ser enteros por estar cortados por la cubierta mayor, cuyos cuchillos *m' n'*, *m'' n''*, *m''' n'''*, *m'''' n''''*, etc., tienen sus piezas ensambladas en las piezas homólogas del cuchillo de canal. Las ocupaciones de los varios ensambles están expresadas en proyeccion horizontal por rayas de puntos. Para indicar las mismas ocupaciones de ensamble en la proyeccion vertical del mismo cuchillo (fig. 513), que es el que contiene las proyecciones de todos los cuchillos y medio-cuchillos de la cubierta menor, basta proyectar las trazas de las caras verticales de los cuchillos sobre el plano de la cara superior del cuchillo de canal, paralela al plano de la cubierta mayor.

Para trazar el ensamble de uno de estos cuchillos de union, el m^5 n^5 (fig. 513), por ejemplo, hé aquí el modo cómo debe procederse:

Les puntos m^6, *p*, n^5, *q*, de la fig. 512 se proyectan verticalmente en los puntos que llevan las mismas letras en la fig. 513, y para la exactitud de la posicion de la línea m^5 n^5, es preciso prolongarla hasta que encuentre á la horizontal, en cuyo caso el punto *x* debe corresponder verticalmente con el punto *x* de la fig. 512, determinado en la línea de ocupaciones *b' d'* por la prolongacion de la línea m^5 n^5. Todas las demás líneas que indican las trazas de las caras de los restantes cuchillos de union en el plano de ensamble con el cuchillo de canal, deben ser paralelas á la línea m^5 n^5 (fig. 513), tales como lo son en la fig. 512.

La ocupacion de las cuerdas, de los pares ó cuerdas de cuchillos de union, deben ser perpendiculares al plano del cuchillo de canal en donde se verifican los ensambles. Para trazar en proyeccion horizontal estas ocupaciones, es preciso pues hallar las trazas de estos planos perpendiculares sobre los entramados de la cubierta menor.

Tírese por el punto m^5 una perpendicular á la cubierta mayor, la cual se proyecta en m^5 *h* (fig. 512), y m^5 *h'* sobre el perfil de la cubierta mayor (fig. 513), encontrando á la línea de horizonte en *h* (fig. 512), siendo m^5 *h* igual á *r h* (fig. 513).

La línea *x y* es la traza del plano perpendicular á la cubierta mayor que pasa por la línea de ocupacion m^5 n^5; este plano encuentra á las líneas de ocupacion de la cubierta menor en *u* y *v*, luego las líneas *u m z*, *v* u^5 *z* son, sobre la cubierta menor, los proyecciones horizontales de las trazas del plano que da la direccion de las ocupaciones en m^5 y n^5 (fig. 512).

La direccion de los derrames de las curvas, tal como en *s*, se obtiene haciendo que el punto *t'* de la proyeccion (fig. 512), se corresponda, en la misma línea paralela al eje de la cubierta menor, con el punto *t* del plano del cuchillo de canal (fig. 513).

Canales para lucerna. Tambien se da el nombre de canales á las piezas pequeñas colocadas en la union de las cubiertas de las lucernas con las cubiertas que las sustentan.

La fig. 677 es la proyeccion horizontal de una cubierta en la cual se encuentran las lucernas B, B' que la cruzan á ángulos rectos, dando lugar á las canales *b a d*.

La fig. 678 es el detalle de la proyeccion horizontal de una parte de la cubierta de una de estas lucernas; la fig. 679 es el perfil de la cubierta principal por un plano vertical perpendicular á su línea de ocupacion, y por consiguiente paralela á la direccion de la lucerna. Este perfil, que tiene la misma pendiente que la línea *m n*, rebatida sobre el plano (fig. 678), presenta en *c* á una de las cuerdas, la seccion *p* de una de las correas en que apoyan estas cuerdas, y el tablado *l*. En este mismo perfil están proyectadas las varias piezas de la cubierta de la lucerna que cruzan á la cubierta mayor. En la fig. 678 está rebatida y trazada con líneas de puntos una alzada *b a d* del cuchillo que forman dos cuerdas de la cubierta de la lucerna; *r r* son las soleras, *q* son las cuerdas; las piezas *a' b'*, *a' d'* son las canales, *f* es la cumbrera.

La fig. 680 es un plano de trazado del plano de la cubierta *b* A *a'* *b'* de la lucerna, despues de haberle hecho girar al rededor de la horizontal A *a'* de la cumbrera, La figura 681 es un plano de trazado del plano de la cubierta *d* A *a'* *d'* de la misma lucerna despues de haberle hecho girar igualmente al rededor de la misma horizontal A *a'* de la cumbrera. Estos dos entramados difieren con relacion á la forma de las piezas de canal; en el primero se ha supuesto que la cuerda de canal *a'* *b'* está colocada de modo que encontrándose dos de sus caras en los planos paralelos superiores é inferiores de las cuerdas de la lucerna, las otras dos caras son paralelas á la cubierta principal. En el segundo caso se ha supuesto que la cuerda de canal, dos de cuyas caras se hallan siempre en los planos superiores é inferiores de las restantes cuerdas, tiene otra cara perpendicular al plano de la cubierta de la lucerna, y que su cuarta cara está en contacto con el plano de la cubierta principal, lo cual le da cierta analogia con las canales de caras normales de que ya se ha tratado anteriormente. Las proyecciones de las ocupaciones de esta cuerda de canal en la solera se trazan en direccion del punto *h* (fig. 678), en donde la normal al tablado, tirada por el punto *o*, encuentra al plano de las soleras; el punto *h* se determina por la prolongacion de la línea *o o*.

La línea *a'* *q* en ambas figuras, que es la que marca la direccion de los cortes de ocupacion de la cuerda de canal, se determina por la interseccion de las líneas de la cumbrera con las aristas de la cuerda de canal, y si se desea mayor exactitud, proyectando la línea *a'* A, eje de la lucerna, sobre el nivel de las soleras en *k* *q* (fig. 680), lo cual da la posicion de las líneas de junta *a'* *q*.

Sobre un caballete oblicuo ó en esviaje de un edificio A' (fig. 682), una lucerna cualquiera B' da una canal oblicua *b* *a* *d*.

La fig. 683 es la proyeccion horizontal de la parte de la cubierta de la lucerna comprendida en la canal *b'* *a'* *d'*. La fig. 684 es la proyeccion del cuchillo de union de la lucerna con la cumbrera y las soleras.

Las cuerdas están proyectadas horizontalmente siguiendo el esviaje de la lucerna. La figura 685 es un plano de trazado sobre el plano de la cubierta A *a'* *b'* *b*, que se ha hecho girar al rededor de la horizontal de la cumbrera en la misma posicion A *a'* de la figura 683.

La fig. 686 es la misma proyeccion sobre el plano que se ha hecho girar al rededor de la línea *b* *a* de la fig. 684. En las figuras 687 y 688 se representan, en la una el plano del entramado A *a'* *d'* *b* que se ha hecho girar al rededor de la línea de cumbrera, y en la otra el mismo plano que ha girado al rededor de la línea *a* *d* (fig. 684).

Canales para entramados cortado en las cubiertas. En algunos casos conviene hacer en los ángulos de los edificios como una especie de chaflanes de bastante extension que interceptan las aristas y tambien las canales de las cubiertas.

Las figs. 689 y 690 representan dos ángulos de edificios A, B en los cuales las crujias forman un ángulo demasiado agudo para que el aspecto sea agradable, y por lo tanto se les corta por un tercer plano *b* *d* que constituye el chaflan. Por su extension podria este plano requerir la colocacion de las dos aristas *a* *b*, *a* *d* (fig. 689); sin embargo, como en general acostumbran á ser muy reducidos, y con el fin de evitar la construccion de dos cuchillos de arista, se colocan piezas de arista parciales *a* *b*, *a* *d* (fig. 690) que no llegan al vértice de la cubierta.

Esto mismo se aplica á los chaflanes de la canal *b'* *d'*.

El plano y la proyeccion vertical (figuras 691 y 692) se refieren al caso en que la extension del chaflan no sea muy considerable. El cuchillo de arista que terminaria en el ángulo G permanece invariable, no obs-

tante se supone que, para el tornapuntas F de la misma, se ha elegido una pieza de madera suficientemente curvada hácia su base para que su ensamble penetre bien en el tirante T, que se ha acortado de modo que este ensamble se encuentre en el plano vertical del paramento interior del muro chaflan, la cual permite cortar la cuerda de arista H debajo de la primera correa P, por medio de un rebajo ó adelgazamiento en el que apoyan las puntas de las cuerdas de arista *a*, *a*, que reciben tantos cuartones *b*, *b'*, como sean necesarios; en estas figuras se ha suprimido el cuarton central del chaflan para que se vea la arista entrante 4 - 4' (figura 692).

En el caso de no poderse echar mano de una pieza curva en su extremidad inferior, se puede emplear para el tornapuntas una pieza recta que se ensamble en el mismo punto del tirante; la cara superior de esta pieza está proyectada por la línea *m n* (figura 692); en la fig. 693 se ha trazado el modo como debe disponerse en este caso el travesaño *t*, el egion *g* y la cuña *k* para que la correa se mantenga en la posicion conveniente para sostener la cuerda de arista H.

La fig. 694 es el perfil de la cubierta rebatida á la derecha.

Las figuras 695 y 696 representan en proyeccion horizontal y vertical una disposicion aplicable al caso de un chaflan de una grande extension. La fig. 697 es el perfil de uno de los cuchillos de la cubierta que lleva á este chaflan.

El cuchillo principal de arista correspondiente á la línea A G (fig. 695) y á la línea A' G' (fig. 696), está sostenido sobre su tirante T por un tornapuntas F (figs. 696 y 697), cuyo ensamble con este tirante se encuentra más hácia dentro del edificio; este tornapuntas recibe en *f* (fig. 696) el ensamble de los dos *tornapuntas cuartones*, *f*, *f*, (fig. 695) que, por el ensamble de sus bases apoyan en dos travesaños *k* ensamblados con el tirante T.

El tornapuntas F sólo está rebajado en la parte superior para recibir los ensambles de los *tornapuntas cuartones*, *f*, que sostienen las filas de las tres correas P *p* P.

La cuerda de arista H del cuchillo principal está tallada, como la de la figura anterior, por medio de una entalladura que recibe á las cuerdas de arista parciales exactamente como en la primera hipótesis de las figuras 691 y 692.

La fig. 698 es un detalle de la ocupacion de las correas en los pares.

CAPÍTULO XXI

CANALES ENTRE SUPERFICIES CURVAS Y SUPERFICIES PLANAS

Canal de interseccion de una esfera y un entramado vertical de madera. La figura 606 representa la proyeccion horizontal y la figura 607 la proyeccion vertical del entramado interior de una cúpula esférica, interceptaba por el paramento vertical de un muro ó de un entramado vertical de madera A B (figura 608) y A' B' (fig. 607).

La canal esférica puede encontrarse en la parte exterior ó en el espesor del entramado, en cuya última posicion es como se la supone en las figuras. En proyeccion horizontal está representada entre las dos trazas de los paramentos del entramado; sus apoyos están en la solera de la bóveda esférica en B y B', su seccion por el meridiano de la esfera, cuya traza es la línea C D (figura 608), está representada en D (fig. 607).

La fig. 699 representa una proyeccion de esta canal sobre el paramento del entramado y rebatida á la derecha.

Las curvas que la expresan son semicírculos resultantes de las secciones practicadas en la esfera por los planos de los paramentos del entramado. Las ocupaciones y ensambles *d d d* de las cuerdas de la esfera están espresadas por verticales, que son las intersecciones de las caras de dichas cuerdas con los entramados. En *n, n* se encuentran las ocupaciones y ensambles de la cadena M N. Las curvas que las limitan forman parte de las hipérboles resultantes de la seccion de las superficies cónicas de esta cadena por el entramado.

Canal de interseccion de una esfera y una cubierta plana. La fig. 700 representa el perfil ó seccion de una cúpula esférica. La figura 701 es una proyeccion horizontal de las cadenas.

En la fig. 700 no se han expresado las proyecciones de las cuerdas por ser innecesarias; no obstante lo están representadas por líneas de puntos en la fig. 701. A B (figura 700) es el perfil de la cubierta plana, cuyas cuerdas apoyan en la solera S.

La canal esférica D E, aplicada al plano de la cubierta, tiene su perfil en D, determinado por el meridiano de la esfera paralela

al plano de proyeccion vertical; sus ocupaciones están en E, E, en proyeccion horizontal; la elipse E D E es la proyeccion horizontal del círculo resultante de la seccion dada por el plano de la cubierta plana en la superficie exterior de la cúpula.

La fig. 702 representa el plano de colocacion de la canal, esto es, la proyeccion sobre el plano de la cubierta plana rebatida á la izquierda. En *d*, *d'*, *d'*, *d''*, *d'''*, se encuentran las ocupaciones y las cajas para las cinco cuerdas de la cúpula, y en *n* las ocupaciones y cajas de la fila de cadenas M N, que, como en el caso anterior, están limitadas por curvas que forman parte de las hipérboles resultantes de la seccion de las superficies cónicas de la cadena por los planos de la cubierta plana. En *d''*, *d''* (fig. 700) están representadas sobre el perfil de la cúpula, que es tambien el perfil de las cuerdas, las secciones de estas cuerdas correspondientes á los ensambles *d'' d''* del plano de colocacion de la canal (fig. 702).

Las reglas *x*, *y*, representadas de punto (fig. 700), sirven, durante la ejecucion del entramado, para picar ó señalar las puntas de las cadenas para trazar sus ensambles, por no ser posible combinar su colocacion juntamente con la canal.

Si la esfera que forma la cúpula es continua, entonces es la cubierta plana la que lleva la pieza de canal.

En G (fig. 700) está representada en el perfil de la cubierta plana la seccion de esta canal, y la fig. 703 la representa proyectada junto con las cuerdas de la cubierta plana que ensamblan en ella.

Canal entre una cubierta plana y una cubierta cónica. La fig. 643 representa en *b a b* la proyeccion horizontal de una canal cónica sobre una cubierta plana, cuya combinacion sólo tiene lugar cuando el interior de la torre y la cubierta cónica que la cobija permanecen intactos; en cuyo caso la canal forma parte de la cubierta plana.

La fig. 704 es el perfil de una cubierta á dos vertientes planas. La fig. 642, con dos filas de correas P Q comprendidas en el espesor de los pares, es el perfil de una cubierta cónica recta de base circular, proyectada horizontalmente en la fig. 705. La canal plana A B que envuelve á la superficie cónica, está proyectada en el espesor de los pares T de la cubierta plana. La fig. 706 representa el plano de colocacion de la canal en A B, indispensable para cortar la curva que le constituye. Esta proyeccion comprende la del par T de un cuchillo y de una cuerda que ensamblan en la canal; la de las correas P, Q y la de las cuerdas *h*, *h*. Las curvas que dan la proyeccion de la canal son planas y tienen sus verdaderas formas y dimensiones, siendo elipses, parábolas ó hipérbolas segun la pendiente de la cubierta plana. Se las obtiene por medio de planos horizontales que corten al mismo tiempo el cono, formando círculos, y á la cubierta plana segun líneas rectas horizontales.

Canal en imperial. A (fig. 707) representa una crujia cobijada por una cubierta á dos vertientes planas; B es un ala de edificio que se une á la anterior, cobijada por una cubierta á dos vertientes en imperial; la union ó interseccion de ambas cubiertas da una canal en imperial *b a b*.

La fig. 708 es la proyeccion vertical de un cuchillo de la cubierta menor, rebatida sobre la proyeccion horizontal y situada en M N sobre la misma.

En esta figura, *x x* es la horizontal trazada á la mitad de la altura *c a* de la cubierta; *g b*, inclinacion de la tangente comun á los dos arcos de círculo del perfil de la cubierta; *b o*, perpendicular á *b g*. La línea *a f* divide el ángulo *o b c* en dos partes iguales; corta á *x x* en el punto *f*; la línea *f k*, paralela á *b g*, es la tangente comun; *s f z*, que le es perpendicular, contiene los centros de los arcos de círculo; el arco *b f* tiene su

centro en *s*; la cuerda del arco cóncavo es la línea *f i*; el punto *i* es el de interseccion de la línea *b a* con la cara de ensamble del pendolon; el centro del arco *f i* está en *z* sobre la línea *s f z*.

La fig. 709 representa el ensamble encima y debajo de la cumbrera para las cuerdas colocadas entre las de los cuchillos.

Con relacion á las correas, se han espresado solamente las entalladuras *p*, *p*, de las que están sostenidas por el puente.

Este cuchillo está colocado perpendicularmente á la direccion de la cubierta menor. Puede ocurrir tambien el caso en que el cuchillo más próximo al de canal deba ser paralelo á la dirección de la cubierta mayor, ó que forme un ángulo menor que el que forman las cubiertas entre sí, con el objeto de disminuir por medio de este cuchillo intermediario, la distancia de las correas entre el último cuchillo de la cubierta menor y el cuchillo de canal, en cuyo caso este cuchillo intermedio estará en esviaje. La posición de un cuchillo en esviaje está indicada por su proyeccion horizontal M' N', y su proyeccion vertical sobre el plano de una de sus caras de paramento está rebatida á la derecha (figura 710).

Los puntos de esta proyeccion se constituyen con relacion á sus homólogos de la figura 703, dándoles alturas iguales sobre el plano horizontal, tomadas sobre verticales cuyas posiciones son igualmente homólogas y deducidas de esta misma figura, por medio de líneas de proyeccion sobre la traza de la cara de paramento M' N' del cuchillo (figura 710).

En capítulos anteriores se ha tratado ya de las proyecciones de cuchillos oblicuos ó en esviaje deducidas de las de los cuchillos rectos (pág. 215) en cuyo caso se trata únicamente de construcciones con piezas de madera rectas; el metodo que se sigue es exactamente el mismo que para piezas curvas, cuya construccion puede efectuarse, como ya se ha dicho; por puntos deducidos del modelo, ó bien, en el caso particular de superficies cilíndricas de que se trata ahora, por la construccion directa de las elipses, resultantes de las secciones practicadas en las curvas por las caras de paramentos de los cuchillos.

La línea *b d* (fig. 711), es la línea de derrame de las cuerdas de la cubierta mayor plana; M N es la proyeccion horizontal de un cuchillo exactamente igual al proyectado verticalmente (fig. 710).

El ángulo P C Q se encuentra en un plano vertical cuya traza horizontal es la línea P C, que se halla rebatido á la izquierda; este ángulo mide la inclinacion de la cubierta mayor, siendo la línea Q C su traza en el plano vertical. La línea *q c* marca en este perfil el espesor del cuchillo de canal; la línea *p' c'* marca el de sus cuerdas de canal. El rombo C *c o' o*, que se encuentra en este mismo perfil, es la seccion del tirante del cuchillo de canal.

Esta misma figura 711 representa la proyeccion horizontal del cuchillo de canal, cuyos puntos están deducidos de la proyeccion M N del cuchillo de la cubierta menor, encontrándose en las intersecciones de las horizontales que pasan por sus puntos homólogos del cuchillo de la cubierta menor con las horizontales trazadas á igual altura sobre los planos de paramento del cuchillo de canal, paralelos á la cubierta mayor. En M' N' está indicada por línea de puntos la proyeccion horizontal de un cuchillo la cubierta menor, formando una parte de ella un cuchillo parcial ensamblado en el de canal; en 1-2-3-4 están indicadas las ocupaciones de las piezas homólogas sobre el tirante, el puente, el tornapuntas y la cuerda de canal.

La fig. 712 es el plano de colocacion del cuchillo de canal proyectado sobre el plano de la cubierta mayor, rebatido por haberse hecho girar al rededor de su traza ó línea de derrame *b d*.

Los puntos 1', 2', 3', 4', son las ocupaciones de las piezas del cuchillo parcial sobre las piezas homólogas con quienes ensamblan á caja y espiga, no espresadas en la figura.

En las figs. 710, 711 y 712 están indicadas porciones de correas en los emplazamientos que les correspondan, habiéndose prescindido de su trazado completo por ser innecesario.

CAPÍTULO XXII

CANALES ENTRE CUBIERTAS DE SUPERFICIES CURVAS

Canal entre una bóveda esférica y una bóveda cilíndrica. La fig. 713 es la planta de un edificio cobijado por una cubierta de bóveda cilíndrica al que se unen dos cuerpos de edificio de planta circular. La fig. 714 es una seccion por la línea *a b* de la fig. 713, por la cual se ve que la bóveda esférica forma la canal D. La fig. 715 es una seccion por la línea *c e* de la fig. 713, viéndose en ella que la bóveda cilíndrica que cobija á la nave circular permanece invariable, de modo que la canal *d'* forma parte de la bóveda cilíndrica.

Las figs. 716 y 717 espresan á su derecha el detalle de esta combinacion. La canal A B del primer caso está proyectada entre dos superficies cilíndricas paralelas á las de la cubierta cilíndrica cuyo perfil es T P. Esta canal está proyectada horizontalmente en B A B (fig. 717), y sobre la cara de esta canal comprendida entre las superficies de la opuesta se han indicado las ocupaciones *d* y *d* de las cuerdas y la de la fila de correas M en N.

Para poder estudiar el modo de elegir y disponer las maderas destinadas á la ejecucion de la curva de una canal, sin que por ello resulte confusion, véase en la fig. 718 una copia exacta de la proyeccion B A B de la canal (fig. 717).

Igualmente, en la fig. 719 se encuentra la parte de la fig. 716, que representa los perfiles de la bóveda esférica, y el de la bóveda cilíndrica que contiene la proyeccion de la canal A B.

Ultimamente, sobre un plano vertical paralelo al eje de la bóveda cilíndrica se halla una proyeccion vertical de esta misma canal (figura 207). La línea B B' es la del nivel superior de la solera.

Para el presente caso se supondria que la canal está compuesta de tres piezas, una en cada arranque, y la tercera, horizontal, que es la que forma su vértice.

Trácense (fig. 719) dos líneas *q - s*, *q' - s'*, que sean las proyecciones de dos planos que contengan las dos caras de las piezas que den las porciones de curvas de los arran-

ques. El plano determinado por *q-s* tiene por traza horizontal á la línea 1-3 (fig. 718). Haciendo girar este plano, para rebatirle sobre la horizontal, al rededor de su traza 1-3 (fig. 721), se hará en este plano la proyeccion de la canal representada por líneas de puntos. La línea 4-5 es la traza del plano que pasa por el centro del empalme de una pieza de arranque y la del centro; las líneas 6-7, 8-3 son las trazas de los planos que marcan los límites del cruce de las maderas en el empalme; la linea 6-7 limita tambien el ancho de la primera pieza de madera que se encuentra proyectada en el plano de colocacion (fig. 721) por el rectángulo *p q r s*, y sobre su cara correspondiente á *s p* rebatida por el rectángulo *p s s' p'* (figura 722). Por medio de las distancias á la traza 1-3 (figura 721) proyectada sobre el punto 3 (figura 719), se proyectan en esta figura los puntos *p*, *p'*, *q*, *q'*, *r*, *r'*, *s*, *s'*, que se trasladan con la mayor facilidad sobre la proyeccion horizontal de la pieza (fig. 718); cuya proyeccion no es de ningun modo indispensable para cortar la pieza de madera, de modo que se traza únicamente en las figuras 718 y 720 con el objeto de que se vea esta pieza en la posicion que le corresponde con relacion á la parte de la canal que debe formar.

La proyeccion de la canal en el plano de colocacion se ha hecho por medio de las distancias de los puntos de su proyeccion horizontal al plano vertical, cuya traza horizontal es la línea A C (figs. 718 y 723), y las horizontales correspondientes á sus proyecciones, en la línea A D (fig. 719), que es la traza de un plano paralelo á la cara de la pieza en la cual se ha ejecutado la proyeccion del plano de colocacion.

Para cortar con la mayor facilidad y exactitud la curva de la pieza cuya proyeccion se ha hecho (figs. 721 y 722), es preciso primeramente cortar la superficie cilindrica interior y la exterior igualmente; se construyen las trazas de estas superficies cilíndricas en las caras de las piezas (fig. 722), cuyas trazas son arcos de elipse que se resuelven por puntos ó bien determinando sus diámetros.

Tanto para el uno como para el otro procedimiento debe observarse que la traza horizontal del plano superior de la pieza de madera es la línea 1 O (fig. 718), encontrándose el punto *o* en el eje *o v* del cilindro. Esta línea *o v* está proyectada en el plano de colocacion, y está contenida en un plano perpendicular y se proyecta en *o''* O (figura 722) perpendicularmente á las caras de la pieza. En esta proyeccion el punto 1 es el mismo que en la fig. 718. Haciendo (figura 722) 1 — O = 1 — *o* de la fig. 718, el punto O es el centro de la elipse exterior, O — 2 es un semidiámetro, mientras que O *o''* es un semieje menor. Del mismo modo se obtienen el diámetro, un eje y el centro de la elipse interior. Tambien se determinan en el plano de la cara inferior de la pieza los arcos de puntos de la elipse (fig. 722), que son las trazas de las dos superficies cilíndricas. Trazadas ya estas elipses en las caras de la pieza y uniendo por rectas las extremidades de las líneas que se hallan en una misma fila, se marcarán en las cuatro caras de dicha pieza las trazas de una série de planos paralelos á las generatrices de estas mismas superficies cilíndricas y perpendiculares al plano de colocacion. Estas trazas, una vez cortadas las superficies cilíndricas, servirán para encontrar las verdaderas posiciones de las generatrices de estas mismas superficies, y en ellas, las aristas de la curvatura esférica de la canal que se habrá colocado nuevamente en el plano de colocacion ó cerca de él, para proyectar en cada generatriz los puntos correspondientes á estas aristas, y cortar por último tanto la superficie esférica interior como la exterior.

Por medio de un procedimiento semejante se podrá elegir la pieza que deba formar

el vértice de la canal, á cuyo fin la operacion será mucho más fácil, por cuanto hallándose colocada esta pieza de modo que el hilo de madera sea paralelo á las generatrices de las superficies cilíndricas, se señalarán en las puntas de la pieza los arcos que sean las trazas de dicha superficie, siendo fácil entonces el proyectar sobre las generatrices trazadas, los puntos correspondientes á la superficie esférica. En las figs. 718, 719 y 721 están indicadas únicamente las proyecciones de una parte de esta pieza, cuyos puntos llevan los mismos números.

En la fig. 716 está proyectada la canal T P formando parte de la bóveda cilíndrica, relativa al segundo caso de que se ha tratado anteriormente, cuya canal debe trazarse segun los mismos procedimientos que el que se acaba de esplicar.

Canal de interseccion entre una bóveda esférica y una cubierta cónica. Las figs. 716 y 717, son, como anteriormente, las proyecciones del entramado de una cúpula. A la derecha (fig. 716), en A B, se encuentra la cubierta cónica, siendo el arco *m n* la traza horizontal de su superficie exterior sobre el plano de las soleras.

Se supone que el espacio del edificio permanece entero, en cuyo caso la canal forma parte del entramado de la cúpula, y está comprendido entre dos superficies cónicas; la de la cubierta y la que le es paralela, cuya traza circular en el plano horizontal es el arco de círculo *m' n'*. Esta canal está proyectada en D E, por medio de curvas, cuyos puntos se obtienen en proyeccion horizontal, por las proyecciones igualmente horizontales que cortan á las superficies esféricas y á las cónicas. Estos puntos obtenidos de este modo se proyectan verticalmente en las trazas de los planos dados por los círculos.

En esta proyeccion horizontal están indicadas las operaciones *d, d* de esta canal, las cuerdas N que ensamblan en ella, así como tambien las cadenas M.

La fig. 724 es la misma proyeccion vertical que la de la fig. 716, con expresion de las piezas *p p' r' r*, 10, 11, 12, 13, de las cuales se deben deducir las curvas cuyo ensamble debe formar la canal.

La fig. 725 es una proyeccion de media canal en la cara *p q r s* de la pieza correspondiente al arranque de dicha canal.

La fig. 726 es una proyeccion del vértice de la canal en la cara 10-11 de la pieza en donde debe cortarse.

Todo lo dicho en el caso anterior y lo que se dirá luego, se aplica al caso presente, por lo cual no es necesario entrar en otros detalles.

Debe observarse, sin embargo, que algunos carpinteros principian por empalmar todas las piezas de maderas que deban formar una curva de doble curvatura, en cuyo caso deben emplearse en su construcción piezas de un volúmen considerable, resultando además que se debilita mucho la madera por tener el hilo muy cortado, siendo preferible para la solidez de la obra y economía en la madera, dividir la curva doble que debe ejecutarse en varias partes, á las que se adaptan maderas cuyos hilos tengan la direccion de las tangentes al centro del desarrollo de cada curva, dando sin embargo la longitud suficiente á las piezas para formar los empalmes.

Canal de interseccion de una bóveda cilíndrica y una cubierta cónica. La figura 727 es una proyeccion horizontal de una cubierta cilíndrica A, que se apoya formando canal *b a d* en una cubierta cónica B. En la fig. 629, los dos arcos de círculo *b e*, *b' e'* indican el perfil de la bóveda cilíndrica que interceptan á la cubierta cónica cuyo perfil es S *s*. Para mayor claridad, en la figura 728 están representados los mismos perfiles de la cubierta cónica y de la bóveda que forman la canal. La fig. 729 es la proyeccion horizontal correspondiente á la figura 728. La traza del arranque de la su-

perficie cilíndrica exterior es la línea *b b*, la traza de su superficie interior es la línea *b b'*; B E B, es la proyeccion horizontal de la canal (fig. 729), y B E la proyeccion vertical de la misma (fig. 728); estado comprendida al propio tiempo entre las dos superficies de la curva cilíndrica y entre dos superficies cónicas; la una, la de la superficie exterior de la cubierta cónica, cuya traza horizontal es el arco de círculo *m n*, la otra, que le es paralela, tiene por traza horizontal el arco de círculo *m' n'*.

La proyeccion vertical de la canal está toda ella en el perfil B C de la curva cilíndrica, y apoya en el enlatado cónico. Los puntos de su proyeccion horizontal se obtienen por las intersecciones de una série de círculos y de líneas rectas resultantes de las secciones hechas por planos horizontales en las superficies cónicas y cilíndricas. En *d d d* se hallan proyectadas horizontalmente las cuerdas de la boveda cilíndrica, y en *d' d' d'* las ocupaciones de las que ensamblan en la pieza de canal.

En la fig. 730 está proyectada la canal sobre un plano paralelo á las generatrices de las superficies cilíndricas, y cuya traza vertical es la línea P Q (fig. 728). Esta proyeccion está colocada, con relacion á la curvatura cilíndrica *b e* de la canal, de modo que el plano en que se halla está rebatido sobre el papel, y está formada por cuatro curvas cuyos puntos van perpendicularmente de la proyeccion horizontal (fig. 729) á las líneas rectas horizontales paralelas á las aristas del cilindro, y cuya posicion se determina tomando en la figura 730 las distancias de los puntos en los cuales se proyectan sobre la traza P Q (fig. 728).

Obtenida la proyeccion de la fig. 730, se eligen las maderas cuyas dimensiones comprendan á las curvas de que debe estar formada la canal, las cuales se escuadran con precision segun las formas y dimensiones del modelo. Se van colocando sucesivamente en el modelo en las posiciones indicadas (figuras 730 y 731,) para marcar las líneas de relacion ó de guia del modelo, y reciprocamente para marcar en éste las trazas de sus caras que cortan las superficies cilíndricas, y en las cuales deben señalarse las trazas de sus superficies, bien sea tomando sus puntos del modelo y de la proyeccion (figuguras 728 y 729), ó bien, como en el corte de piedras, trazando plantillas que se aplican á las caras de las piezas. Una vez cortadas las superficies cilíndricas en cada una de estas piezas, todas las líneas y trazos de relacion perdidos á causa del labrado se restablecen uniendo las líneas correspondientes que se encuentran en las demás piezas á ambos lados de la primera. Se colocan nuevamente las piezas con la mayor exactitud en el modelo, para poder proyectar sobre las superficies cilíndricas las curvas de la canal, despues de lo cual se labran las superficies cónicas.

Las líneas de centro y los trazos de relacion que tambien se hayan perdido por el desbaste de la madera, se trazan de nuevo por medio de la interseccion de las generatrices de las superficies cilíndricas. Una vez trazadas sobre las superficies curvas las líneas de guia y los trazos de relacion, se colocan por tercera vez estas piezas sobre el modelo, sostenidas á nivel y con la inclinacion debida sobre regruesos y cuñas, como se representa en proyeccion vertical (figura 731). En esta posicion es cuando se pican ó señalan los ensambles de sus empalmes, constituyendo despues de labradas y juntadas, la canal, la cual se coloca sobre el modelo para comprobar su exactitud.

Canal de una cubierta cónica apoyada en una torre cilíndrica. A (fig. 32) es la planta de una torre, B es la cubierta cónica de otra torre cortada por la primera, y *d a d* es la canal de unión de ambos edificios.

A F (fig. 33), es el perfil generador de la cubierta cónica, cuyo eje está proyectado

verticalmente en *s a* y horizontalmente en *a'*, los círculos *p q p' q'*, son las trazas horizontales de sus superficies exterior é interior. G D es el perfil del paramento del muro de la torre mayor, cuya planta está indicada (figura 734) por medio del arco de círculo *m n*. La canal B E está comprendida en el espesor de la cubierta cónica y entre la superficie cilíndrica de la torre y una superficie igualmente cilíndrica, cuya generatriz es la vertical *g d*, y su traza horizontal el círculo *m' n*.

En la fig. 735 está proyectada la canal sobre un plano vertical perpendicular al de la proyeccion (fig. 733), viéndose las ocupaciones *d d* de las cuerdas y las *n n* de las cadenas de la cubierta cónica.

Canales de intersección entre dos cubiertas cónica convexa. La combinación de las canales entre dos cubiertas cónicas ofrece dos casos.

La cubierta A, interceptada por la cubierta B, puede ser convexa (fig. 736) ó cóncava (fig. 737), cuyos dos casos se tratarán separadamente.

La fig. 738 es el perfil de una cubierta cónica que cobija á una gran torre, en la cual S D es uno de los pares, Z C es el eje vertical de las superficies cónicas de dicha cubierta, proyectado horizontalmente en C (figura 739), y sobre cuyo eje se coloca el pendolón en el que ensamblan veinte pares, tal como indica la figura.

La fig. 642 es el perfil de una cubierta cónica que cobija á una torre pequeña que penetra en el interior de la mayor.

La fig. 705 es la planta de esta cubierta, que es la que recibe la pieza de canal que sostiene la cubierta mayor en la parte interceptada.

El pendolón de esta cubierta menor está en su eje vertical *z c*, proyectado horizontalmente en *c*.

Las ocupaciones de las cuerdas de las dos cubiertas en las soleras están indicadas por arcos de círculo en las proyecciones horizontales (fig. 705 y 739).

La pieza proyectada vertical y horizontalmente por cuatro curvas en B E, es la canal comprendida entre las superficies exterior é interior de la cubierta mayor, y entre la superficie exterior de la cubierta menor, y una superficie que le es paralela y cuya generatriz es la línea *z' d*.

Las ocupaciones de las cuerdas y de las correas de la cubierta mayor están indicadas en su cara externa.

Canales de intersección entre una cubierta cónica convexa y una cubierta cónica cóncava. La figura 648 es el perfil de una cubierta que cubre una galería circular que cierra un patio central. El centro de los círculos de la planta de esta galería se encuentra en C (figura 739), y su cubierta está formada interiormente por una superficie cónica cóncava, y exteriormente por una superficie convexa, teniendo ambas por eje vertical común á la línea Z C (fig. 738), proyectada sobre el centro C (fig. 739).

La fig. 647 es la proyeccion de esta cubierta cónica á dos vertientes.

La fig. 641 es el perfil de la cubierta menor que cobija á una torre saliente del patio, y que penetra en la galería, siendo su eje la línea *z' c'* (fig. 641) y encontrándose su centro en *c'* (fig. 740). Esta cubierta es la que lleva las canales, formando parte de su entramado.

En esta combinación se han representado dos canales, en una de las cuales ensamblan los pares G G de la cubierta mayor, y en la otra las cuerdas de la misma cubierta.

La canal de los pares está proyectada en D E (figs. 647, 648 y 740). Su vertical está trazada en 1 - 2 - 3 - 4 (figs. 641 y 648). Los ensambles de los pares en la canal D E, están representados en *m*, *m*, *m*, (figs. 647 y 740).

La canal de las cuerdas está proyectada en *d e*, en las mismas figs. 647, 648 y 740,

y su seccion vertical está indicada en 5-6-7-8, (figuras 641 y 648).

Las cuerdas de las dos cubiertas están proyectadas horizontalmente (figs. 740 y 647) y las ocupaciones de las de la cubierta mayor están en *m'*, *m'*, *m'*, en proyección horizontal sobre la canal.

En la fig. 647 se ve la correa circular P' interrumpida por su intersección con la superficie de la cubierta menor cónica. Su ocupación sobre esta superficie está expresada en 6-10-11-12 en ambas proyecciones.

Las curvas que determinan las formas de las canales, en el primer caso (figs. 642, 738, 705 y 739), y en el segundo (figs. 641, 648, 740 y 647), se obtienen en proyección horizontal por el método de las secciones paralelas, es decir, por las intersecciones de las proyecciones horizontales de los círculos resultantes de las secciones practicadas simultáneamente en las superficies cónicas por medio de planos horizontales.

La combinacion de los cuatro círculos determinados por un plano horizontal en las superficies de cada cubierta da, en el caso de las figs. 705 y 739, cuatro puntos de las curvas canales á cada lado del plano que pasa al mismo tiempo por los ejes de los conos proyectados en *c*, C *c'*. En el segundo caso, se determinan ocho puntos á cada lado del mismo plano, por ser el canal doble y por obtenerse cuatro círculos en la cubierta mayor y dos en la menor.

Canal de intersección entre dos cubiertas en imperial. *c g e f* (fig. 741), es la línea de ocupación de la cubierta en imperial de un edificio A terminado en *c g* por un caballete cóncavo cuyo pendolón esté proyectado en punto *q*, y en *e f*.

f p e es la sección de la cubierta rebatida hacia la derecha. El edificio B, cobijado igualmente por una cubierta en imperial, se une oblicuamente al edificio A; las líneas de ocupación de estos entramados son *b h*, *d l*; el perfil de esta cubierta está rebatido en *k h l*, dando lugar á la canal *b a d*. Su cumbrera está proyectada sobre la línea *a o*.

Los puntos de las curvas de la arista entrante de esta canal se construyen por el método de las secciones paralelas, por medio de las intersecciones en proyección horizontal de las líneas rectas resultantes de las secciones horizontales practicadas simultáneamente en ambas cubiertas.

Como las curvaturas de estas cubiertas no se encuentran á la misma altura, de su combinación resultarán formas especiales é inflexiones algo monótonas, de modo que para evitarlo, se adoptará la disposición indicada por las canales *b' a' a' d'*, y por el perfil *h' k' l'*. Siendo *b' h'*, *d' l'* líneas de ocupación del edificio B', la línea *a' o'*, que es la proyección horizontal de su cumbrera, está proyectada verticalmente sobre el plano *p f e* en *a'' k''*, siendo *o'' k''* igual á *o' k'*, altura de la cubierta B'.

Las rectas *b' a'*, *d' a'* corresponden á las proyecciones de las aristas entrantes de canal, resultando que el perfil *h'k'l* de la cubierta B' esté formado de dos partes iguales á *c a''* del perfil *f p e* de la cubierta mayor A. Así, pues, el perfil de la cubierta B' ya no es semejante al de la cubierta B, y las canales resultan ser curvas planas distintas de las de la canal *b a d*.

Canal de intersección entre una cubierta recta en imperial y otra cubierta en imperial sobre planta circular. La figura 742 es la proyección horizontal de un edificio circular A cobijado por una cubierta en imperial, cuyas vertientes son superficies de revolución al rededor del eje vertical proyectado en el punto *c*, y cuyas extremidades forman peto. Las aristas se pueden determinar por planos verticales cuyas trazas sean las líneas *m o*, *n o*, ó bien se las puede deducir de la superficie de la cubierta mayor y de un entramado de peto, por el método de las secciones horizontales, como indica la fig. 743.

B y B′ (fig. 742), son dos edificios que se cruzan con el primero, cobijados por cubiertas en imperial iguales.

Los petos de estos edificios pueden establecerse por líneas rectas *m′ n′*, ó por superficies de revolución cuyo mismo eje esté proyectado en *c*, siendo las líneas de ocupación las expresadas por puntos.

La fig. 744 representa un cuchillo meridiano de la cubierta mayor semicircular A, cuyo eje vertical de revolución está proyectado en C y rebatido junto con esta figura de C á O (fig. 745).

A este cuchillo se le supone colocado en el plano vertical cuya traza horizontal es la línea C O′ y colocado en la posición C O″ tal como está representado en la fig. 744. La línea de derrame del enlatado de esta cubierta correspondiente al punto A del cuchillo (fig. 744), es el arco de círculo A O *x* (figura 745).

La proyección de la arista de la cumbrera correspondiente al punto K (fig, 744), es el arco de círculo K′ O′ K′ (fig. 745).

En esta figura se ha rebatido en *m n k* uno de los cuchillos de la cubierta B. En M N, M′ N′, se encuentran las proyecciones horizontales de estos dos cuchillos; la M N está proyectada verticalmente en *m n* (figura 744) sobre el mismo plano vertical que la cubierta mayor. El cuchillo de unión que apoya en el de canal está proyectado igualmente en el mismo plano, en *m′ n′*.

La fig. 746 es la proyección horizontal del cuchillo de canal comprendida entre la superficie de revolución que forma el enlatado de la cubierta mayor engendrada por la curva imperial K T A (fig. 744), y una superficie igualmente de revolución que le es paralela, engendrada por la curva *k t a*.

Los puntos de las curvas que forman las proyecciones de todas las piezas del cuchillo de canal, se obtienen por el método de las secciones paralelas que da, por ejemplo, para la cuerda de canal en imperial, los cuadriláteros curvilíneos 1, 2, 3, 4, 5, 6 (figura 746 correspondiente á las líneas A *m*, 2-2, 3 3, 4-4, 5-5, 6 6, de las proyecciones (figuras 744 y 745).

La fig. 747 es una proyección en el plano de colocación del par R sobre el plano de su superficie superior, cuya traza es la recta *y z* sobre el cuchillo rebatido (fig. 745). En esta figura 747 sólo se han indicado las proyecciones de las extremidades de esta pieza prescindiendo de las ocupaciones y de las espigas de ensamble.

La fig. 748 es una proyección de la misma pieza, ó sea el par del cuchillo de canal, sobre el plano de la fig. 746.

La fig. 749 es una proyección de la cuerda de canal sobre el mismo plano meridiano de la fig. 744.

La fig. 750 es una proyección del cuchillo de canal hecha sobre un plano perpendicular al plano vertical de la proyección (figura 744), y cuyas trazas son las líneas P Q, *p q* y *p′ q′* (figs. 744, 748 y 749), elegidas de modo que las proyecciones de las piezas se presentan sin confusión, para poderlas trazar y cortar unas después de otras por desbaste, para establecerlas luego en la proyección (fig. 750) y señalar sus ensambles.

El par del cuchillo de canal y todas las piezas correspondientes á partes rectas del cuchillo de la cubierta menor (fig. 745), se las puede cortar por medio de proyecciones semejantes á las del par (figs. 748 y 747). Para cortar la cuerda única de canal se necesitan sus proyecciones (figs. 749 y 750).

La fig. 751 es un detalle del ensamble de la correa P de la fig. 745.

Piezas de arista y de canal resultante de la combinación de varias formas de cubiertas. Por medio de las siguientes figuras se representan las principales combinaciones que pueden hacerse entre varias superficies de cubiertas, dando varias clases de piezas de arista y de canal, y cuyas plantillas pue-

den ejecutarse como las ya descritas anteriormente.

La fig. 752 es la proyección vertical y la horizontal de un pabellón de planta redonda, de cinco puntas, formado por una cubierta cónica, cortada por cuatro planos que dan cumbreras horizontales, cuatro canales rectas, cuatro petos de superficies cónicas con sus aristas formadas por curvas elípticas.

Fig. 753, proyecciones de un pabellón de planta redonda ó circular, de cinco puntas, cobijado por una cúpula esférica cortada por cuatro planos. Cumbreras horizontales, canales rectilíneas, caballetes esféricos, aristas planas en forma de arcos decírculo.

Fig. 754, pabellón de cinco puntas cobijado por una cubierta cónica, cortada por cuatro planos en imperial.

Fig. 755, pabellón de cinco puntas, á base circular, cubierta de superficie de revolución cuyo perfil forma imperial, cortada por cuatro entramados planos.

Fig. 756, cubierta de planta circular, formada por una superficie esférica truncada, según cuatro planos en forma de pabellón; cuatro aristas rectas y ocho aristas en forma de arcos de círculos invertidos.

Fig. 757, cubierta de planta circular, formada por una cobija cónica truncada por cuatro planos en forma de pabellón; cuatro aristas rectas; canales de porciones de hipérbole.

Fig. 758, cubierta formada por una cobija cónica truncada por cuatro planos en forma de pabellón; cuatro aristas rectas y ocho aristas en forma de arcos de elipse invertidos. Esta combinación es de la misma especie que la de la fig. 756, sólo que en ésta las partes curvas de la cubierta corresponden á una superficie esférica, mientras que en la figura 758 corresponden á una superficie cónica cuyo vértice se encuentra en *s*.

Fig. 759, pabellón de cinco puntas presentando cuatro caballetes comprendidos en la misma esfera, y cuatro entramados que producen cumbreras horizontales, cuatro canales rectas y ocho aristas planas en forma de arcos de círculo.

Fig. 760, proyecciones de una cubierta cónica cuyo vértice se encuentra en *z c*, truncada por dos planos, formando una cumbrera horizontal *d g* y cuatro aristas elípticas *d a*, *d b*, *g a*, *g b*, para los caballetes cónicos.

La fig. 761 se encuentra en una segunda proyección vertical de esta cubierta en un plano paralelo á línea *a b* de su proyección horizontal.

Fig. 762, proyección horizontal ó planta de esta cubierta.

Fig. 763, cuchillo de la cumbrera según la línea *a b* de la planta.

Fig. 764, cuchillo sencillo según la línea *d q* de la planta.

Fig. 765, armazón común á los entramados planos, y que determina las piezas de arista.

Fig. 766, armazón de desarrollo de los caballetes para obtener los cortes de los cuartones.

Estas clases de armazones no dan, rigurosamente hablando, los cortes de los cuartones, pero se concibe que en la ejecución de las cubiertas de esta clase de dimensiones las más reducidas, las partes de las curvas que señalan estos cortes tienen unas dimensiones y curvaturas tan insignificantes, que sus proyecciones se confunden con sus formas reales, lo cual no ofrece ningún inconveniente bajo el punto de vista de la exactitud del trazado.

Fig. 767, cubierta cónica truncada interiormente por dos planos.

Esta combinación, debida á M. Protot, no es muy práctica á causa de la arista entrante horizontal formada por la intersección de los planos; no obstante, su combinación ofrece un buen estudio de aplicación.

La fig, 768 es la mitad de la planta de esta doble cubierta.

Fig. 769, proyección de un cuchillo según la línea *c a* de la planta anterior.

Fig. 770, armazón del entramado plano.

Fig. 771, desarrollo de uno de los caballetes cónicos.

Las figs. 773 y 774 son proyecciones semejantes á las de esta figura, habiéndose indicado las proyecciones de las generatrices que sirven para construir los desarrollos de las superficies cónicas. Las proyecciones de las curvas de canales se construyen por medio de las intersecciones de los círculos obtenidos por el método de las secciones paralelas. La fig. 775 es una proyección del cuchillo principal colocado según la línea *a a* de la planta (fig. 773). La fig. 776 es el cuchillo menor colocado según la línea *d d* de la planta. Este cuchillo lleva la canal *o p o* resultante de la intersección de las dos flechas. La fig. 777 es el desarrollo de uno de los caballetes cónicos con las canales *a o*, y la figura 778, el de una de las flechas con las canales *a o* y la canal *o p*.

Fig. 779, doble cubierta cónica sobre una planta formada por dos porciones de círculo; *b a b* es la canal resultante de la intersección de los dos conos rectos.

Fig. 780, doble cubierta cónica sobre planta circular; los vértices *s s* se encuentran sobre las verticales que pasan por los puntos *s' s'* de la planta, que marcan la división del diámetro *m m* en tres partes iguales; los conos son escalenos; la canal *b a b* está comprendida en un plano vertical.

Fig. 781, igual combinación que la anterior, sólo que los conos están truncados por planos que pasan por sus vértices y por generatrices, elegidas de modo que este plano sea paralelo á la generatriz *s m* del otro cono. Estos dos planos se cortan según una canal horizontal *a a*, perpendicular al plano vertical de los ejes. Tanto en este caso como en el de la fig. 767, en la arista entrante horizontal se colocan planos inclinados que arrojan el agua de lluvia al exterior de la cubierta.

Fig. 782, representa las proyecciones de las canales resultantes de la intersección de una cubierta plana á dos vertientes con un edificio circular, cobijado por una cubierta de casquete esférico.

La canal *b a d* está formada por dos arcos de círculo resultantes de las secciones practicadas en la esfera por los planos del frontón. Estos arcos de círculo están proyectados horizontalmente, según arcos de elipse contenidas en planos, cuyas trazas son las líneas *m n*, *p q*.

La fig. 783 se refiere á las canales formadas por la intersección de una cubierta plana, á dos vertientes, y una cubierta cónica. Las partes *b a*, *d o* son las proyecciones de los arcos de elipse trazada en la superficie cónica por los planos cuyas trazas son las líneas *m' n' p' q'* del frontón.

CAPÍTULO XXIII

CUBIERTAS ALABEADAS

Se ha considerado siempre como una condición esencial en las construcciones, el no emplear, por poco que se pueda, ninguna superficie alabeada, y para lograrlo se han elegido las combinaciones propias para evitar el mal aspecto que esta forma da á los entramados de las cubiertas, en particular á las de dimensiones algo exageradas. Los gandres edificios tienen, por lo general, formas regulares y simétricas y, por lo tanto, no se presentan superficies alabeadas, salvo en casos muy excepcionales; mas si es de imperiosa necesidad que las haya, la simetría de sus generatrices atenúa entonces la desigualdad de aspecto que presentan.

Sea *a a' d' d* (fig. 784) la planta de la cubierta de un edificio irregular, en el cual sus dos petos están formados por dos planos triangulares isósceles *a p a'*, *d q d'*, y cuya cumbrera proyectada en *p q* no es paralela á ninguna de las dos líneas de derrame *a d*, *a' d'* Aquí pueden presentarse dos casos: ó bien la cumbrera *p q* es horizontal, hallándose determinadas sus extremidades por sus intersecciones con los entramados de los petos, á los cuales se puede dar la misma pendiente: ó bien esta cumbrera es la intersección de los dos entramados de las cubiertas planas de pendientes iguales, que pasan por las líneas *a d*, *a' d'*, en cuyo caso, en vez de horizontal estará inclinada. En ambos casos y vistas las cubiertas exteriormente, no es posible que la cumbrera se presente paralelamente á las canales *a d a' d'* de las fachadas del edificio. La combinación que ofrece mejor aspecto y que emplea menos madera, es evidentemente aquella en que la cumbrera permanece horizontal, en cuyo caso las vertientes longitudinales son entonces superficies engendradas por una línea de pendiente que apoya en la línea de derrame *a d* ó *a' d'*, en la cumbrera *p q* y en una vertical que pasa por el punto *c* ó el punto *c'* en el cual se cortan las dos aristas prolongadas.

Esta superficie puede estar engendrada también por una recta horizontal que apoya constantemente en las piezas de arista, si la cumbrera debe ser horizontal ó en fin, por

una recta que apoya en las piezas de arista y que pasa por una vertical correspondiente á los puntos *g* y *g'*, en donde se encuentran las proyecciones de la cumbrera y de las líneas de canal *a d*, *a' d'*. Estas tres generatrices dan, como ya se sabe, superficies alabeadas.

Las figuras 785, 786, 787, 788 y 789 representan las disposiciones empleadas para sustituir estas superficies alabeadas por planos.

En la fig. 785 los dos planos de igual pendiente pasan por las líneas de derrame *a d*, cuya intersección da una cumbrera inclinada *p f*. Los puntos *q* están tomados al nivel del punto *p*, y las piezas de arista *f q*, simétricas con las *f p*, dan á los dos entramados *a p f q d* una simetría muy conveniente. Una de las extremidades forma un peto *a p a*, y la otra un plano *d q q d* de poca extensión.

La fig. 788 representa el medio de evitar el alabeo, propuesto por Fourneau. En las cuatro caras del edificio corresponden las cuatro vertientes que pasan por las líneas de derrame; por el punto *p*, pendolón del peto *a p a*, pasa un plano horizontal que determina un triágulo *p q q* sobre el cual se levanta una cubierta piramidal cuyo vértice está en *f* y cuya altura es muy reducida para que quede oculta vista exteriormente.

La fig. 787 presenta tres vertientes planas. La parte *a p q d* corresponde á la fachada principal, y la otra parte *a' q q d'* de la vertiente que debería ser alabeada para que la cumbrera *p q* fuese horizontal, está dividida en dos entramados *a p d' d' p q*, que forman la arista saliente *p d'*.

En la fig. 789, la parte *a' p q d'* está dividida en tres planos que dan una arista saliente *p g* y una arista entrante ó canal *g q*.

En la fig. 787 el conjunto de la cubierta está dividido en tres partes; en cada extremidad se halla una cubierta formando pabellón á dos petos, y en el centro una cubierta á dos vertientes que les une; su cumbrera *p q* es paralela á la fachada principal y motiva dos aristas entrantes separadas en esta fachada, y en la otra da dos canales que se reunen en el centro *g* de la canal *a' g d'*; la posición de la cumbrera *p q* está elegida de modo que pase por *o*, punto medio de la línea *g h*.

Esta disposición es semejante á la representada en las plantas regulares (figs. 790 y 791).

Las figs. 792, 793, 794, 795 y 796 presentan varias combinaciones sobre una planta en forma de trapecio para evitar las superficies alabeadas.

La fig. 792 es la proyección horizontal de una cubierta de pabellón, en la cual los cuatro entramados son planos.

En la fig. 794, dos de las vertientes *a p b*, *c q d*, son planas, la cumbrera *p q* que las une es horizontal, las otras dos vertientes *a p q a*, *b p q d*, son superficies alabeadas; las proyecciones horizontales de sus generatrices dividen á las líneas de derrame *a b*, *d c* en partes proporcionales, y se encuentran en planos horizontales que dividen también la altura de la cubierta en partes proporcionales correspondientes.

La cubierta (fig. 793) está formada por cuatro vertientes planas de igual ancho, terminando en un plano horizontal *a' b' c' d'* en forma de trapecio.

La cubierta de la fig. 797 está formada por tres vertientes planas correspondientes á las líneas de derrame *c a*, *a b*, *b d*, y de una cuarta vertiente alabeada *c d r p*, terminando todo en un plano horizontal triangular *p q r*.

La fig. 795 es la proyección de una cubierta de cinco puntas de la misma especie que la ya descrita (fig. 479).

La fig. 796 es la proyección de una cubierta sobre planta trapezoidal como la de la fig. 402.

La fig. 798 representa un caso excepcio-

nal de una superficie alabeada de bastante buen aspecto; *a b a b* es la planta de un pabellón ovalado cuya curva puede ser una verdadera elipse ó estar formada por arcos de círculo, y en donde *s s* es la proyección de la línea de cumbrera horizontal, siendo sus extremidades los vértices de las dos partes cónicas cuyos ejes están proyectados en estos mismos puntos y cuyas bases son las curvas *b a b*. Estas porciones de conos están unidas entre sí por una superficie alabeada, engendrada por una línea recta de pendiente que se mueve, apoyándose en la cumbrera *s s* y en la curva *b b*, de modo que su proyección horizontal sea normal á esta curva. Si ésta es un arco de círculo, la generatriz pasará por el eje vertical proyectado en su centro.

Fourneau ha propuesto y representado los tres medios siguientes: En la fig. 799 la cubierta está formada por cuatro superficies cónicas, de las cuales dos tienen sus vértices en *s* y sus bases son las curvas ó arcos *b a b*, y las otras dos tienen por bases las curvas ó arcos *b b*, perpendiculares á las proyecciones de sus generatrices, conservando las mismas pendientes que las de las superficies de los extremos; por los vértices *s* de estas superficies pasa un plano horizontal que corta á las superficies de unión según las curvas *s o s*, equidistantes ó semejantes á sus bases, según sean estos arcos de elipse ó arcos de círculo.

El segundo medio está representado en la fig. 800, que ofrece la misma disposición que la de la fig. 752, sólo que en ésta la planta es ovalada en vez de circular.

El tercer medio lo representa la fig. 801, semejante á las figs. 760 y 791. La superficie que apoya en la línea de derrame general *b a b*, *b a b*, es una superficie cónica de base elíptica cuyo vértice está proyectado en el punto C, ó una superficie engendrada por una recta de inclinación constante y cuya proyección es normal á la curva de la base. La superficie está cortada en *p*, *q*, por dos horizontales paralelas y perpendiculares al eje mayor, determinando las posiciones de los dos planos que truncan á esta superficie en cada extremidad, y forman así cuatro partes de superficies cónicas *a p g*, *a q g*; la línea de cumbrera que pasa por el centro de las líneas *p q* determina dos vértices *f g f*, y, por lo tanto, las cuatro canales *f g*.

Las figs. 802 y 803 ofrecen dos ejemplos en el caso de no poderse evitar las superficies alabeadas. Supóngase un edificio de una latitud tal que no permita establecer ningún patio interior y cuya plata sea el cuadrilátero *a b c d*, en el cual el la *c d* sea recto y el otro lado sea circular cóncavo (figura 802) ó circular covexo (fig. 803).

Supóngase que la fachada principal, en ambos casos, coresponda á la parte curva; entonces debe presentar una superficie cónica, cóncava ó convexa de igual ancho, y la cumbrera *p q* trazada según una curva concéntrica, es horizontal; es preciso, en este caso, que la parte de la cubierta correspondiente á la fachada rectilínea sea una superficie alabeada, cuya generatriz, pasando por el eje de la superficie cilíndrica, y siendo, por consiguiente, normal á la curva, apoye en la línea recta de derrame *a b* y en la cumbrera horizontal curva *p q*.

Si la fachada principal correspondiese con la línea recta, la vertiente sería plana por este lado, la cumbrera *p q* sería recta de *p* á *q*, y la generatriz de la superficie alabeada apoyaría en esta cumbrera rectilínea y en la línea curva de derrame *a b*.

La fig. 804 es la proyección de la cubierta de un edificio cuya planta general es un rectángulo que en cada una de sus fachadas longitudinales forma una curva entrante ó cóncava, cuya traza es un arco de circulo *a q d*, lo cual interrumpe ó intercepta el plano de la vertiente correspondiente. Para que esta disposición no intercepte á la cumbrera, se supone que en cada lado de la lí-

nea *f b*, que pasa por el centro del arco *a b d*, se halla la proyección de la generatriz de una superficie cónica, cuyo arco *a b d* sea la base y sea al propio tiempo tangente á la cumbrera. También se puede suponer que la parte de la cubierta correspondiente á cada curva entrante es una superficie alabeada engendrada por una recta que se mueve apoyándose en la cumbrera y en el arco de círculo *a b d*, y cuya proyección horizontal es siempre perpendicular á la cumbrera; en ambas hipótesis los puntos de las curvas *a f d* se trazan por medio de secciones, por planos horizontales cuyas trazas están representadas en las superficies de la cubierta.

Las figs. 805 y 806 son las proyecciones de dos cubiertas divididas en cuatro pabellones á causa de su mucha extensión.

CAPITULO XXIV

ABERTURAS EN LAS CUBIERTAS Y EN LAS BÓVEDAS

Las aberturas que se practican en las cubiertas y en las bóvedas de carpintería, tienen por objeto dar paso á las tuberías, chimeneas y á la luz, estableciéndose por medio de embrochados.

EMBROCHADOS

EMBROCHADOS EN CUBIERTAS PLANAS. Para poder practicar estas aberturas, deben interceptarse forzosamente las cuerdas necesarias, las cuales se sostienen, como en los techos de que ya se ha tratado, por medio de piezas de madera transversales llamadas *embrochados*, que ensamblan en las cuerdas de los lados de la abertura del mismo modo que en los tabios.

La fig. 807 es la proyección vertical, y la figura 808 la proyección horizontal de un enlatado de cubierta en la cual se han practicado las aberturas 1-1-2-2, 3 3-4-4.

La fig. 809 es un perfil del mismo enlatado, y la fig. 810 es un plano de colocación.

La abertura 1-1 2-2 está destinada al paso de un cañón de chimenea, cuyos embrochados *a* y *b* tienen sus caras internas verticales para poderse aplicar en los paramentos verticales también del tubo.

En la segunda abertura 3-3 4-4 destinada al acceso del aire y de la luz, las dos caras de cada embrochado son perpendiculares al plano de la cubierta.

Las figs. 811 y 812 son las proyecciones de un enlatado de cubierta en el cual se ha practicado una abertura cilíndrica vertical para el paso de un tubo de chimenea cilíndrica. La fig. 813 es el perfil de la cubierta; la fig. 814 es el perfil de colocación. Los embrochados *a* y *b* reciben en sus caras externas los ensambles de las cuerdas cortas ó interrumpidas; sus caras internas están cortadas según la curva de la superficie cilíndrica, teniendo cada pieza por extensión la cuarta parte del desarrollo de la curva; las otras dos cuartas partes las ocupan dos cabos de cuerda *c*, *d*, ensamblados en los embrochados, y cuyas caras internas están

cortadas igualmente según la superficie cilíndrica de la abertuta.

Si el eje de la abertura cilíndrica en vez de ser vertical fuese horizontal, no cambiaría de ningún modo la disposición, puesto que bastaría sencillamente considerar la figura 811 como proyección horizontal y la figura 812 como proyección vertical. En *e* está representado un embrochado de arco de círculo.

Las figs. 815 y 816 son las proyecciones de una abertura cónica, en la cual el eje *p s* de la superficie cónica en donde se encuentra la cara interna de dicha abertura es vertical; la base horizontal es el círculo *m n*. Las mismas letras señalan las mismas piezas que en las figuras anteriores.

La fig. 817 es el perfil de la cubierta, y la fig. 818 es el perfil de colocación. En ambas figuras el eje de la superficie cónica está proyectada en *p s* y su base en *m n*. En el perfil de colocación la proyección de esta base es una elipse.

Si el eje de la abertura cónica fuese horizontal en vez de ser vertical, se practicaría lo mismo que se ha hecho para la abertura cilíndrica, esto es, se invertirían las figuras, la proyección fig. 815 sería horizontal, y la de la figura 819 sería vertical.

Embrochados en cubiertas cilíndricas. La fig. 819 es la proyección vertical, y la figura 820 es la proyección horizontal de la mitad de una cubierta cilíndrica, en la cual se ha practicado una abertura circular cuya superficie interior es cilíndrica y su eje horizontal.

El contorno de esta abertura está formado por dos cadenas *a* y *b* que forman embrochado, y por cuatro piezas arqueadas interiormente que ensamblan en dichas cadenas y en las cuerdas *c*, *d*.

Cerca de la pieza de arista y en el peto se encuentran dos aberturas rectangulares iguales colocadas á la misma altura, formadas por dos embrochados *a*, *b*, y las cuerdas cortas *c*, *d*; la fig. 819 representa á esta abertura en sección.

El objeto de estas aberturas es el dar paso á la luz simplemente, puesto que si se las debiese emplear para tuberías, sus paramentos deberían ser verticales.

Embrochados en cubiertas esféricas. Las figs. 821 y 822 son las proyecciones de una cúpula esférica en la cual se han practicado distintas aberturas redondas en C, *e*, *h*, *g*, y las aberturas rectangulares *m* y *n*, todas ellas en distintas posiciones. La abertura *m* es oblicua con relación á las cuerdas, y sus caras internas son verticales; la otra abertura *n* está en dirección horizontal.

La cuerda C A divide á la proyección vertical en dos partes; la parte C B A de la izquierda presenta la alzada del exterior de la cúpula; la de C A C de la derecha es un corte por el plano de proyección vertical que permite ver el interior.

Embrochados en cubiertas cónicas. La figura 813 es la proyección vertical ó alzada de una cubierta cónica, y la fig. 824 su proyección horizontal.

Las aberturas 1 2-3-4, 5 6-7-8 son rectangulares é iguales, destinadas al paso de las chimeneas. Sus posiciones están elegidas de modo que la 1-2-3-4 de la proyección vertical pueda considerarse como una proyección de perfil de la otra 5-6-7-8 vista de frente.

Las aberturas rectangulares 9 10 11 12, 13-14 15-16 están en dirección horizontal, y están destinadas al paso de la luz. Sus posiciones son como las de las anteriores.

Sobre las dos proyecciones se encuentra una abertura cilíndrica de base ovalada 17-18-19, cuyas caras son verticales.

La fig. 825 es el perfil de la cubierta cónica correspondiente á la traza C B.

La fig. 826 es el perfil de la misma cubierta correspondiente al eje de esta abertura, y cuya traza horizontal es la línea C A.

LUCERNAS

Siempre que las aberturas practicadas en las cubiertas se destinen al paso de la luz y su altura sobre el nivel del piso sea mucha, se la puede cerrar por medio de un marco vidriado, que se hace subir y bajar por medio de visagras fijas en uno de los lados horizontales; pero, cuando además del paso de la luz se desee obtener vista al exterior del edificio, entonces la abertura se hará vertical cubriéndola con una cubierta formada por dos pendientes triangulares llamadas *costados* ensamblados en las cuerdas laterales de la cubierta, cuerdas que, por lo mismo, serán de mayor escuadria que las restantes.

Los costados de una lucerna soportan á la cobija.

Las lucernas terminan de frente en un marco en forma de ventana.

La fig. 827 es la proyección vertical vista de frente, y la fig. 828 es otra proyección vertical en sección y en perfil de una lucerna, cuya cubierta termina en un peto delantero, con pieza de arista y cuartones, ligada á la cubierta principal por medio de piezas entrantes.

La correa P está cortada por el paso de la lucerna. Ordinariamente la longitud de las partes de esta correa que se encuentran sin apoyo es muy reducida, en particular si los cuchillos son pocos distantes unos de otros; más si la distancia entre cuchillos es mucha, para no dejar sin apoyo las extremidades de las correas interceptadas por las lucernas, se ensamblan éstas en embrochados de correa colocados debajo de las cuerdas que sostienen á los costados de la lucerna. Los embrochados de correa se ensamblan en la correa R y apoyan en las soleras B, como está indicado en la fig. 828.

En las figuras que siguen se han indicado varias clases de lucernas, bastando como explicación la sencilla leyenda que se acompaña:

Fig. 829, lucerna con frontón.

Fig. 830, sección del perfil de esta lucerna.

Fig. 831, lucerna con frontón, formando arco de medio punto.

Fig. 832, sección y perfil de esta lucerna.

Fig. 833, lucerna de arco rebajado, cuya cubierta sigue la curvatura del frontón.

Fig. 834, sección y perfil de esta lucerna.

A estos cuatro tipos de lucernas se les llama *mansardas*.

Fig. 835, alzada; fig. 836, perfil de una lucerna de cubierta levantada, que se emplea en las construcciones de poca importancia.

Figs. 837 y 838, alzada y perfil de una lucerna en pendiente.

Figs. 839 y 840, sección y alzada de una lucerna *capuchina*, que á veces se la termina en un peto delantero.

Figs. 841 y 842, sección alzada y perfil de una lucerna volada, formando balcón.

Fig. 843, proyección horizontal ó planta de la misma, vista por encima.

El peto de esta lucerna es cónico; el friso en que descansa es redondo, así como también la pieza que forma cubierta, según dos superficies cilíndricas paralelas cuyo eje común es vertical.

Este friso está sostenido por piezas arqueadas (fig. 841), según una superficie cilíndrica cuyo eje es horizontal. Las intersecciones de estas superficies cilíndricas dan la forma exterior de medio punto, cuya proyección (fig. 842) está indicada por las curvas *a b c*.

En algunas obras de carpintería se ha representado el perfil de esta lucerna por las curvas representadas en la fig. 844, mientras que su verdadero perfil es el de la fig. 841. La forma de las piezas voladas de la fig. 844

sólo puede adaptarse á la lucerna proyectada de frente en la fig. 845.

Fig. 846, elevación; figura 847, perfil de una lucerna volada emplazada igualmente en una planta cuadrada (fig. 848).

El peto de la cubierta está sostenido por piezas voladas de curvatura igual á la del medio punto interior de la lucerna. Las piezas que forman balcón son prolongaciones de las vigas del piso y están sostenidas por tornapuntas.

Fig. 849, perfil de una cubierta de lucerna sobre un plano cuadrado saliente, sostenido por tornapuntas.

Fig. 850, perfil de la lucerna de la figura 846, á la cual se ha añadido una polea para la subida de objetos; esta polea está fija á una segunda cumbrera inferior que sobresale de la lucerna de la cantidad necesaria.

Fig. 851, alzada; fig. 852, perfil de una lucerna circular.

Fig. 853, alzada de una lucerna octogonal.

Fig. 854, alzada; fig. 855, perfil de un respiradero para dar aire á una cubierta sin lucerna.

Fig. 856, alzada de un respiradero ojival.

Figs. 857 y 858, perfil y alzada de una lucerna de la Edad Media.

Figs. 859 y 860, perfil de una lucerna flamenca, cuya fachada es de ladrillo.

Fig. 861, alzada de una lucerna establecida en una cubierta de paja. El marco de ventana de la lucerna es de madera y está formada de tablas colocadas en el muro de fachada; su parte superior está cortada en forma de curva cuyos arranques coinciden con el nivel de las soleras. Este recuadro da apoyo á las cuerdas, que presentan una superficie alabeada engendrada por la línea de pendiente de la cubierta que apoya en la primera correa y en la curva del borde superior del recuadro de la lucerna. Esta disposición permite que se puedan aplicar troncos sobre las cuerdas y formar una cubierta de lucerna por el mismo estilo que la cubierta principal.

Fig. 862, alzada de la extremidad del edificio para que se vea el perfil de la lucerna.

Fig. 863, sección por el eje de la lucerna, por un plano vertical perpendicular á la fachada del edificio.

TRAGALUCES

Varias combinaciones de tragaluces. La intersección de dos bóvedas de carpintería de alturas distintas forma una arista saliente en las mismas. A la superficie de la bóveda menor se la llama *tragaluz*, y corresponde en general á las aberturas que se destinan para ventanas ó puertas. La pieza de madera cortada según la curvatura de la arista de estos huecos es común al armazón de las dos bóvedas, encontrándose entre sus superficies paralelas de entrados y de extrados, y sosteniendo los cuartones curvos y las cadenas que forman las superficies de dichas bóvedas.

Combinando todas las formas que se emplean en la construcción de las grandes bóvedas con las de las bóvedas pequeñas empleadas como tragaluces, se encuentran un sinnúmero de combinaciones que se pueden cuadruplicar por las mismas condiciones de oblicuidad ó de la posición inclinada que se dé á los tragaluces, y también á las bóvedas, la coincidencia de sus arranques ó por la diferencia de sus niveles.

Son en gran número las combinaciones que pueden hacerse sobre este particular; y como sería muy largo si se explicaran todas ellas, bastará exponer los principales casos y de uso más frecuente que se hace en las construcciones.

Fig. 864, tragaluces semicirculares que penetran en una bóveda cilíndrica.

a, arco vertical de medio punto de la bóveda mayor comprendido entre los dos entramados verticales P.

a', proyección horizontal del espacio cubierto por la bóveda y los dos entramados verticales.

b, proyección vertical del arco de un tragaluz y del hueco del entramado de madera que le corresponde en el plano vertical que forma el paramento exterior del mismo. El arranque de este tragaluz se encuentra al nivel del de la bóveda.

b', proyección vertical y proyección horizontal del hueco del entramado.

b'' proyecciones del tragaluz en la bóveda.

c', proyecciones de un hueco y de un tragaluz, sobre el paramento vertical del entramado de madera, cuyos arranques horizontales al nivel 1-2 están más altos que los de la bóveda. Esta proyección se encuentra rebatida sobre el plano del diseño.

Los pie derechos de este tragaluz forman debajo del arranque de su arco, entre el entramado y la bóveda, unos costados planos limitados por una parte del arco de la bóveda.

c', proyecciones del hueco en el entramado.

c'', proyecciones del tragaluz y de sus costados.

Las curvas que expresan las proyecciones horizontales de estos dos tragaluces se obtienen, por el método de las secciones paralelas, por una serie de planos horizontales, cada uno de los cuales corta á las superficies cilíndricas de las bóvedas según horizontales cuyas intersecciones determinan, en proyección horizontal, los puntos de las curvas para cada tragaluz.

Fig. 865, tragaluz en esviaje y tragaluz en pendiente interceptando una bóveda de medio punto comprendida entre los dos entramados P.

d, arco de medio punto de la bóveda.

e, arco de medio punto del tragaluz en esviaje, cuyos arranques son horizontales y están al nivel de los de la bóveda.

œ, proyección horizontal de este arco, cuyo plano es perpendicular al eje horizontal 3-4 del tragaluz.

e', proyección del hueco en esviaje sobre el entramado.

e'', proyección del tragaluz en esviaje.

f, proyección vertical del hueco y del tragaluz en pendiente sobre el paramento del entramado; la línea 5-6 que se encuentra en el plano del arco *d*, es la traza vertical del plano inclinado de los arranques del tragaluz.

f', proyección del hueco inclinado sobre el entramado.

f'', proyección del tragaluz en pendiente.

Fig. 866, tragaluz de medio punto que penetra en una cubierta cónica y una cúpula, y tragaluz de superficie anular que penetra en la misma cúpula.

A la derecha de esta figura están las proyecciones relativas al primer tragaluz.

d, solera de la cúpula.

c, cuerda del perfil de la cubierta cónica que cubre á la cúpula.

d', soleras del arranque de la cúpula.

e', soleras de la cubierta cónica.

f, proyección vertical del tragaluz cilíndrico, construído concéntricamente al arco de la cúpula para ahorrar espacio en el trazado.

f', tragaluz cilíndrico en la cúpula, cuyas aristas están en planos verticales y proyectados verticalmente por líneas rectas.

f'', proyección del arco del tragaluz sobre la cubierta cónica; las curvas, proyecciones de sus aristas, se obtienen por un sistema de planos horizontales que cortan á dicha cubierta cónica según círculos, y á la bóveda del tragaluz según líneas rectas.

A la izquierda de la figura se encuentran las proyecciones referentes á la superficie anular.

d, es siempre el arco de la cúpula. Por este lado lleva una envolvente octogonal.

o, es el perfil de este entramado octogonal.

d', planta de las soleras de la cúpula.

o', planta del entramado.

g', arco del hueco del entramado.

g'', sus proyecciones.

La superficie de dovela de la bóveda anular que da lugar al tragaluz, está engendrada por el arco del hueco que se mueve al rededor de un eje horizontal proyectado en el punto *i*; la línea *i k* es tangente al arco externo de la cúpula en el punto *k*, elegido en este arco; el arco *k m* determina la posición del centro del arco del hueco.

g' proyección del arco del tragaluz correspondiente á la intersección de la cúpula con la superficie anular vertical de dicho tragaluz.

Fig. 867, tragaluz cónico y tragaluz conoidal que intercepta á una bóveda cilíndrica comprendida entre dos entramados *p*.

g, arco del cilindro.

g', espacio horizontal cubierto por la bóveda.

h, arco del hueco cónico en el entramado de madera y proyección del tragaluz en la bóveda.

h', proyección del hueco cónico en el entramado de madera; todos los arranques son horizontales y se encuentran al mismo nivel.

h'', proyección del tragaluz cónico en la bóveda cilíndrica.

El arco *h* del hueco es la base de la superficie cónica de intrados; su eje 7-8 es horizontal, y su vértice está en el punto 8; la superficie de extrados paralela á su vértice está en el punto 8'.

k, centro del hueco conoidal en el plano del entramado de madera y proyección del tragaluz conoidal en la bóveda.

k', proyección del hueco conoidal del entramado.

k'', proyección del tragaluz conoidal.

Los dos círculos concéntricos del arco del hueco en el paramento exterior del entramado, son las dos curvas directrices de las superficies conoidales de intrados y de extrados del tragaluz.

Las líneas horizontales 10 11 y 10'-11', son los dos arcos horizontales de las dos superficies conoidales.

La generatriz de cada uno de ellos se encuentra constantemente en un plano vertical perpendicular al eje 10-11 de la bóveda cilíndrica.

Los puntos de las curvas que forman las aristas de las piezas de madera de los tragaluces se determinan por una serie de planos que pasan por el eje horizontal 10-11 de la bóveda para las curvas de intrados de los dos tragaluces, y para los extrados por las líneas 8-8' para el tragaluz cónico y 10'-11' para el tragaluz conoidal.

Estos planos cortan á la superficie de los cilindros así como también á las superficies cónicas y conoidales, según rectas cuyas proyecciones horizontales dan para sus intersecciones ocho puntos para cada tragaluz.

Fig. 868, tragaluces inclinados en bóveda en pendiente.

l, arco vertical de la bóveda.

m j, perfil longitudinal de la bóveda.

n, arco de los tragaluces inclinados según la pendiente *m j*.

l', proyección del arco de la pendiente sobre el plano de su perfil.

o, sección de la pendiente y de los tragaluces por un plano vertical que pasa por el eje horizontal 1 1' de los tragaluces, proyectado en el punto 1 del perfil *m j*.

La línea 2-2' corresponde al arranque 2, y la línea 3-3' corresponde al arranque 3 del perfil *o*. Los arcos de círculo expresados por puntos corresponden á las secciones que se harían en la bóveda en pendiente por planos verticales que pasasen por los arranques 2, 3 del tragaluz.

Se supone que los dos lados de la pendiente llevan tragaluces iguales.

Fig. 869, tragaluces cilíndricos en una bóveda conoidal.

b a d, arco de la bóveda conoidal cuyo eje está proyectado horizontalmente en *c*.

k, arco del tragaluz cilíndrico.

k' o k' proyecciones de las aristas de los dos tragaluces en la bóveda conoidal.

Estas proyecciones se construyen por las intersecciones de las proyecciones horizontales de las líneas, según las cuales los planos horizontales cortan á las superficies conoidales y á las superficies cilíndricas.

Fig. 870, tragaluz cónico y tragaluz conoidal en una cúpula esférica.

v, arco de la cúpula y secciones de los tragaluces.

v', planta de las soleras, de la cúpula y de los tragaluces.

p, á la derecha del eje *c a*, proyección del arco del tragaluz cónico.

q', á la izquierda del mismo eje, proyección del tragaluz conoidal.

Estas dos proyecciones están hechas en planos perpendiculares á los ejes de los tragaluces, y para ahorrar espacio, se han trasladado concéntricamente sobre la proyección vertical del arco de la cúpula.

p', tragaluz cónico. La superficie cónica del intrados tiene por base un círculo vertical del extrados de la cúpula esférica; su eje está en su diámetro *p' q'*, y su vértice en el centro *c* de la cúpula. La superficie cónica del extrados es paralela á la del intrados; su base es un segundo círculo del extrados de la cúpula; su vértice se encuentra en el punto *s* del mismo diámetro.

Las cuatro aristas de este tragaluz son semicírculos que se encuentran en planos verticales trazados por mitad en *p*, y proyectados horizontal y verticalmente en *p'*.

q', tragaluz conoidal cuyo eje horizontal está sobre el diámetro *p' q'*.

La superficie conoidal de intrados y la de extrados tienen cada una de ellas por directriz en la superficie de extrados de la cúpula un semicírculo comprendido en un plano vertical; estos dos semicírculos están proyectados por mitad en *q*, por líneas rectas en *q'*. El eje vertical director de la generatriz horizontal para el conoide de intrados, está proyectado en el centro *c* de la cúpula.

El eje vertical director de la generatriz horizontal para el conoide de extrados, está proyectado en *s'*.

Los puntos de las curvas de intersecciones de las superficies conoidales con el intrados de la cúpula, se determinan por planos horizontales que cortan al mismo tiempo á las superficies de la cúpula según círculos, y á las superficies conoidales según líneas rectas.

Fig. 871, tragaluz conoidal en una bóveda anular.

a, sección de la bóveda anular por un plano vertical cuya traza es la línea *o c* del plano *a'*.

b, arco exterior del tragaluz conoidal proyectado sobre un plano vertical, cuya traza es la línea 1-2, y rebatido sobre el plano horizontal.

d', tragaluz conoidal interior, cuyas superficies de intrados y de extrados se encuentran en los mismos conoides que las del tragaluz exterior.

El eje de la superficie conoidal de intrados está proyectado horizontalmente en *c'* y verticalmente en *c p*. El eje de la superficie conoidal de extrados está proyectado horizontalmente en *c'* y verticalmente en *c'' p''* sobre el plano del perfil *a*.

Las curvas de las proyecciones horizontales de los tragaluces se determinan por puntos, por una serie de planos horizontales que cortan á las superficies anulares de intrados y de extrados, según círculos, y á las superficies conoidales según líneas rectas; las intersecciones de estos círculos y de estas

íneas rectas dan 16 puntos, que corresponden á las proyecciones horizontales de las curvas de los tragaluces.

MODELO DETALLADO DE UN TRAGALUZ. Los tragaluces de que se acaba de tratar se han descrito muy á la ligera, con el solo objeto de que se conozca la disposición que debería darse á las varias partes del diseño que deba construirse.

En las siguientes figuras se expresa el diseño completo de un caso no descrito anteriormente.

La fig. 872, es el diseño de un tragaluz cónico oblicuo y en pendiente colocado en una cúpula esférica; combinación que raras veces se presenta en atención á que, en general, los edificios se proyectan obedeciendo á formas simétricas y regulares.

La línea Y X es la intersección de dos planos de proyección rebatidos ambos sobre el plano del dibujo. Hay además un segundo plano de proyección vertical, cuya traza es la línea C O rebatido igualmente á la izquierda. El arranque de la cúpula esférica está comprendido entre los dos círculos Q O J, *q o j* concéntricos, trazados en el plano horizontal, cuyo centro común es C, centro de las superficies esféricas de intrados y de extrados de la cúpula, punto que se encuentra sobre la línea Y X. El arco formado por los dos círculos que sirven de base á las superficies cónicas de intrados y de extrados del tragaluz, está en un plano vertical paralelo al plano de proyección vertical, cuya traza horizontal es la línea Y X′ tangente al círculo exterior del arranque de la cúpula. Los dos círculos concéntricos del arco están proyectados sobre un plano vertical en V K U, *v k u*.

El vértice de la superficie cónica de intrados del tragaluz está proyectado en S, sobre el plano horizontal, en S′ sobre el primer plano de proyección vertical, y en S″ sobre el segundo plano de proyección vertical. El vértice de la superficie de extrados que en el plano horizontal se encuentra en Z, está proyectado sobre los planos horizontales en Z′ Z″. El eje común de las dos superficies cónicas está proyectado en S″ E″ sobre el segundo plano vertical. Esta línea S″ E″ es al propio tiempo la traza vertical del plano inclinado que contiene los arranques del arco de tragaluz, y cuya traza es Z Z″ sobre el plano horizontal.

La determinación de las curvas que forman las aristas del arco del tragaluz es un problema de geometría descriptiva, en el cual se trata de construir las intersecciones de las dos superficies cónicas y de dos superficies de esfera, determinándose el arco del tragaluz por el espacio comprendido entre estas cuatro superficies.

Los puntos de estas curvas se obtienen por una serie de planos que cortan cada uno de ellos á las superficies cónicas según rectas, y á las superficies esféricas según círculos.

Como esta solución se puede aplicar de distintos modos por medio de la fig. 872, se explicará uno de los más sencillos.

Se dividen los arcos de círculo V K U, *v k u*, en igual número de partes iguales; las líneas que unen las divisiones de igual número, son las trazas de un cierto número de planos que pasan por el eje común de los dos conos, y que cortan á sus superficies según líneas rectas generatrices.

Para todas ellas se operará del mismo modo que para las correspondientes á los puntos de división *m, m′* de la proyección vertical, y M M′ de la proyección horizontal.

Estas generatrices están proyectadas verticalmente según las paralelas Z′ *m*, S′ *m′*, y horizontalmente según las paralelas Z M, S M′.

Por cada una de estas generatrices se hace pasar un plano vertical; las trazas horizontales de estos dos planos son las mismas líneas Z M, S M′. Se rebaten estos dos planos sobre el plano horizontal haciéndoles girar al rededor de sus trazas. Las verticales

proyectadas sobre el plano horizontal en M, M' y en *p' m'*, *p m* sobre el arco triangular, están rebatidas perpendicularmente á las trazas Z M, S M', en M *n*, M' *n'*.

La línea Z *n*, y su paralela *s n'*, son las generatrices de las superficies cónicas en los planos rebatidos. El punto *s* es el vértice de la superficie cónica de intrados, siendo S *s* igual á S'' *v* ó á su igual S' Z', elevación de este vértice sobre el plano horizontal. Los dos planos que se acaban de rebatir sobre el plano horizontal, cortan á las superficies esféricas según cuatro círculos. Bajando del punto *c*, centro de la cúpula, una perpendicular á las dos paralelas Z M, S M', trazas de los planos rebatidos, los puntos *c* y *c'* son los centros de los círculos trazados sobre las superficies esféricas por los dos planos verticales, siendo sus radios las líneas *c f*, *c f*, *c' f'*, *c' f'*.

Desde el punto *c* y con los radios *c f*, *c f*, y desde el punto *c'* y con los radios *c' f'*, trácense arcos de círculo que serán, en los planos rebatidos, las secciones hechas por ellos en las esferas, dando por su intersección con las generatices *z n*, *s n'*, los puntos 1, 2, 3, 4, no habiéndose trazado los arcos de círculo en la figura para evitar la confusión de líneas; estos puntos están transportados por medio de rectas verticales sobre las proyecciones de las generatrices en 1, 2, 3, 4. El cuadrilátero 1-2-3-4, compuesto de las dos líneas rectas paralelas y de las proyecciones de los dos arcos de círculo, es la proyección horizontal de la sección hecha en el arco del tragaluz por el plano que pasa por el eje común de las dos superficies cónicas y por la línea *m m'* E'.

Este mismo cuadrilátero está transportado sobre las dos proyecciones verticales en 1-2-3-4, por medio de verticales no indicadas en la figura.

Repitiendo la misma operación tantas veces como sea necesario para determinar el arco del tragaluz, se obtienen las proyecciones de una serie de cuadriláteros, que son igual número de secciones hechas en el mismo arco por planos que pasan por el eje común de las superficies cónicas. Haciendo pasar luego curvas por los ángulos homólogos de estos cuadriláteros, se obtienen las tres proyecciones del arco del tragaluz.

Tanto este sistema como el propuesto por Fourneau en su *Tratado del arte de construir*, tienen el inconveniente de tener que trazar una infinidad de círculos y determinar sus centros; por lo cual es preferible elegir el sistema de planos de modo que corten á las superficies esféricas según grandes círculos, á fin de que los que son las trazas de los arranques puedan servir para la construcción de los puntos de las curvas.

Sea, por consiguiente, Z C R la traza horizontal común á todos los planos que deben cortar á la superficie cónica de intrados según las generatrices. Supóngase que primeramente se opere con relación al plano de la generatriz de la superficie de extrados proyectada verticalmente en Z' *m*, cuya traza es la línea *r m*. Rebatiendo este plano sobre el plano horizontal, el punto *m* pasa á *h*; siendo M *h* perpendicular á Z R y á R *h* é igual á *r m*.

En este rebatimiento Z'' *h* es la generatriz de la superficie cónica de extrados. Los dos círculos según los cuales están cortadas las superficies esféricas por este mismo plano están rebatidas, y por lo mismo se confunden con los círculos del arranque de la cúpula. Así, los dos puntos de intersección 5, 6, con la generatriz Z *h*, proyectados horizontalmente, dan los puntos 1, 2 de la proyección horizontal del arco de tragaluz.

La traza Z C B es común á todos los planos que deben cortar á la superficie cónica de extrados; pero, como el vértice S de la superficie de intrados no se encuentra en el plano de los arranques, las trazas de los planos de un segundo sistema que pasen todos por el centro C de las esferas y por este

vértice S de la superficie cónica de intrados cambiarán para todas las posiciones que se pueda dar á dichos planos.

Así pues, tomando por ejemplo el plano que pasa por el centro de las esferas, y la generatriz de la superficie de intrados proyectada en M S y *m'* S', se traza el punto de intersección de esta generatriz prolongada con el plano horizontal de los arranques de la cúpula. Este punto se obtiene prolongando *m' s'* hasta *g*, y llevando este punto sobre la proyección horizontal de la generatriz M' S en *g'*. La línea *g'* C R' es la traza del plano que pasa por el centro y que corta á la superficie cónica de intrados según la generatriz proyectada en *m'* S' y M' S.

Determinada de este modo esta traza, se opera como anteriormente para la construcción del rebatimiento del plano al rededor de *g'* C B'. Rebatida ya la generatriz, sus intersecciones con los dos círculos máximos dan dos puntos, cuyas proyecciones horizontales coinciden con los puntos 3 y 4.

Este tragaluz, por su estructura especial, ofrece algunas dificultades que únicamente pueden resolverse por medio de la Geometría descriptiva; y he aquí algunos procedimientos:

Los planos que determinan las posiciones que deben tener las piezas de madera de donde deban resultar las distintas partes de un arco, varían según sus curvaturas y la naturaleza de sus superficies; pero en general, el principio de ejecución es el mismo. De las cuatro superficies que generalmente limitan una pieza curva, se ejecutan primeramente las más fáciles, y en particular aquellas sobre las cuales se puedan trazar con exactitud las líneas necesarias para la ejecución de las otras dos.

En el caso particular del tragaluz de que se trata, las primeras superficies que se deben ejecutar son las cónicas, por ser engendradas por líneas rectas de desarrollo; de modo que todo el arte consiste en saber elegir la disposición de las piezas de madera, para que sea menos difícil el construir en sus caras las trazas de las superficies cónicas.

Si el radio de curvatura de la cúpula es grande con relación á las aberturas de los tragaluces, y si, como generalmente acontece, existe simetría en su posición, es decir, que sean rectas, sus ejes tienden á dirigirse al centro de la cúpula aunque estén en pendiente, su curvatura en proyección horizontal no sea considerable, y la madera de donde deban resultar las partes del arco pueden tener sus caras paralelas al hueco, entonces es muy fácil construir las intersecciones de las caras de las piezas con las superficies cónicas.

Pero en otros casos, las curvaturas del arco del tragaluz son muy grandes, y entonces las piezas de madera deben disponerse con relación á esta curvatura, como se ve en 13-14-15-16. Se trata pues de la construcción de las trazas de las superficies cónicas sobre las superficies planas de estas piezas.

Puesto que se trata de desarrollar un simple estudio, se supondrá el caso más desfavorable que pueda presentarse, y que para cada pieza del arco se deba determinar su posición de modo que tenga la menor escuadría posible, de lo cual resultarán necesariamente un mayor número de proyecciones que en cualquier otro caso.

Supóngase que se deba construir el arco del tragaluz de una gran curvatura dividida en tres partes, cada una de las cuales deba resultar separadamente de una pieza de madera. Supóngase, por consiguiente, que de una pieza de madera deba construirse la parte del arco del tragaluz, comprendida entre el arranque de la izquierda y un punto situado entre el cuarto cuadrilátero 8-9-10-11 y el siguiente.

Se supondrá una esfera cuyo centro está en A, ángulo del cuadrilátero del arranque, y cuyo radio es la longitud de la pieza de

madera en la cual debe cortarse la parte del arco de que se trata. Esta esfera encuentra á la superficie de extrados de la cúpula según un círculo, cuya proyección, en el plano horizontal, es una elipse construída por medio de un sistema de planos horizontales que cortan á las dos superficies esféricas según otros círculos proyectados horizontalmente, y cuyas intersecciones dan los puntos de la curva. Sin embargo, es mucho más corto y más exacto determinar inmediatamente los ejes de esta elipse valiéndose de ellos para su construcción.

Por el centro de la cúpula y el punto A, hágase pasar un plano vertical cuya traza es C A. Este plano corta á la superficie de extrados de la cúpula según un círculo que, en el rebatimiento hacia la izquierda al rededor de la traza C A, se confunde con el círculo del arranque, encontrándose el punto A rebatido sobre el A′. Trazando las cuerdas A′ P y A′ Q iguales á la longitud de la pieza de madera, Q P es la traza del plano del círculo según el cual la esfera corta á la superficie de la cúpula. Proyectando los puntos P y Q en B y *b*, la línea B *b* será el eje menor de la elipse, su centro estará en X, punto medio de B *b*, y su eje mayor será Y *y* igual á P Q. Esta elipse *b y*, B Y está trazada de puntos excepto su arco 11-12, cuya intersección con la proyección de la arista exterior y superior del arco del tragaluz, marca el punto G en proyección horizontal y G′ en proyección vertical, en donde terminan las proyecciones de la longitud dada de la parte del arco comprendido en la pieza de madera.

Las aristas de esta pieza deben ser paralelas á la línea proyectada en A G, y su cara superior debe ser tangente á la parte esférica del arco del tragaluz.

Por D, punto medio de la proyección horizontal A G de la longitud de la pieza, y por el centro de la cúpula, tírese un radio por cuya extremidad se hará pasar un plano tangente á la superficie de la cúpula. Este radio está comprendido en un plano vertical meridiano cuya traza es C D T′. Este meridiano rebatido á la derecha transporta el punto D al punto D′, haciendo D D′ igual á *d′ d* de la proyección vertical. El radio C D′ se prolonga hasta T. La línea T T′, tangente al círculo mayor, es la traza del plano tangente á T, y su traza horizontal es N T N.

Proyectando el punto *a*, segundo ángulo del cuadrilátero del arranque del arco del tragaluz, sobre el mismo meridiano rebatido en *a′* (siendo *i a′* igual á *i a* de la proyección vertical), la paralela *t a′ t′* es la traza del plano paralelo al plano tangente que limita el espesor de la pieza de madera que debe contener á la curva. La traza horizontal de este plano es *u′ t u*.

Para cortar la curva, es preciso construir sus intersecciones con el plano tangente y el plano que le es paralelo, representando en las figs. 873 y 874 á las que se han añadido todas las líneas de la fig. 872 marcadas para la construcción de que se trata.

Los círculos Q J, *q j′* (fig. 873) comprenden el arranque de la cúpula esférica, en donde C es el centro de estos círculos, y de las superficies de la cúpula; S es la proyección horizontal del vértice de la superficie cónica de intrados; Z es el vértice de la superficie cónica de extrados; los semicírculos V K U, *v k u* indican el hueco del tragaluz, siendo Y X la intersección de los planos de proyección; Y′ X′ es la traza del plano del hueco paralelo al plano de proyección vertical; C T′ es la traza del meridiano que pasa por el punto B del modelo.

T T′ es la traza del plano tangente en el meridiano rebatido, y N N su traza horizontal.

El objeto de este modelo es construir las trazas de las dos superficies cónicas del arco del tragaluz sobre el plano tangente y su paralelo, que contienen las caras de la pieza de madera en donde debe labrarse la parte del

arco comprendido entre el punto A y el punto G (fig. 872).

Estas trazas son dos elipses, que se podrán construir por puntos con los datos del modelo; sin embargo, es más corto y más exacto construirlos geométricamente.

Para construir una elipse, es preciso que se conozca á lo menos uno de sus ejes y un punto de la elipse fuera de ellos; ó un diámetro, la dirección de su conjugada y un punto de la elipse fuera de sus diámetros; en cuyo caso, que es el que se presenta en el modelo, si se conocen las tangentes de las extremidades del diámetro, se tendrá en la dirección del segundo diámetro.

Constrúyase primeramente en el plano tangente á la superficie exterior de la cúpula, cuyas trazas son las líneas T′ T, N N, las trazas paralelas de los dos planos tangentes á la superficie cónica de extrados.

Estas trazas serán dos tangentes á la elipse que debe describirse en el plano tangente á la esfera, y, como éstas deben ser paralelas, corresponderán á dos planos tangentes á la superficie cónica, cuya intersección pasa por su vértice es paralelo al plano tangente á la esfera; de todas las intersecciones que pasan por el vértice de la superficie cónica paralela al plano tangente á la esfera, se puede elegir aquella que por su posición dé la construcción más sencilla, y por lo tanto se elegirá la intersección de los dos planos tangentes á la superficie cónica que se encuentra en un plano vertical. Este plano, necesariamente perpendicular al plano tangente á la esfera, tiene por traza la línea Z T″, paralela á la línea C T′, traza horizontal del círculo máximo de la cúpula perpendicular á su plano tangente, y como este mismo, perpendicular á la traza N N de este plano tangente á la esfera. Este plano vertical corta al plano del hueco según una vertical que pasa por el punto T″ y proyectado verticalmente en el hueco rebatido según L F. Al girar este plano vertical al rededor de su traza horizontal Z T″, se puede aplicar sobre el plano horizontal; su parte inferior á la línea de horizonte se aplica á la izquierda, de modo que la vertical que pasa por el punto T″ se confunde con la línea T *f*′. La traza del plano tangente sobre este plano, será evidentemente una paralela á la línea T T″, que pasa por el punto T; por consiguiente la línea paralela al plano tangente, en este mismo plano vertical rebatido, es la línea Z *f*′, paralela á T T′. Este punto *f*′ es aquel en que esta línea intercepta al plano vertical. Para proyectar verticalmente este punto sobre el plano del hueco, es preciso hacer L F igual á T″ *f*′; las tangentes F E″, F E″ al arco del hueco son, por consiguiente, las trazas de los dos planos tangentes al cono en este mismo hueco, y las trazas de estos planos sobre el plano tangente á la esfera, serán dos paralelas perpendiculares á su traza horizontal N N.

Las líneas *f e*″, *f e*″ son las trazas de los dos planos tangentes paralelos á los anteriores, cuya intersección pasa por el vértice de la superficie cónica de intrados proyectado en S.

Para obtener los puntos donde las generatrices, correspondientes á los puntos de contacto de las superficies cónicas, interceptan al plano tangente á la esfera, se hará la siguiente consideración:

Los puntos E″ *e*″ son los puntos de contacto de las tangentes F E″, *f e*″, que se encuentran á cada lado sobre un plano que pasa por el eje común de las superficies cónicas, y cuyas trazas sobre el hueco están proyectadas según E′ *r*, E′ *r*. Los puntos *r* y *r* están proyectados horizontalmente en R y R sobre la traza del hueco; por consiguiente, Z R y Z R son las trazas horizontales de estos mismos planos, que encuentran en los puntos N, N, *n*, *n*, á las trazas del plano tangente y del que le es paralelo.

El plano vertical que pasa por el eje común Z E de los conos, está rebatido á la

izquierda y su eje es la línea *z e*. La línea *v z* es, en este plano, la traza del plano tangente á la cúpula; cuya traza se obtiene haciendo la vertical Q O rebatida igual á la verti cal T P, que se encuentra también rebatida sobre el plano que ha servido para determinar la tangente T′ T. El punto *c′* es aquel en que el eje de las superficies cónicas intercepta al plano tangente á la cúpula, encontrándose su proyección horizontal en H. Las líneas H N, H N son, por consiguiente, sobre el plano tangente á la cúpula, las proyecciones de las trazas de los dos planos que pasan por el eje común de las dos superficies cónicas y por las dos generatrices de contacto.

Los puntos D D′ en donde cortan á las proyecciones Z *g*, Z *g* de las generatrices de contacto prolongadas, son las proyecciones de los puntos en donde las generatrices se cruzan con el plano tangente á la cúpula.

Haciendo girar el plano tangente al rededor de su traza N N, para rebatirle sobre el plano horizontal, el puto H pasará á H′.

Este rebatimiento se verifica haciendo *u* H H′, perpendicular á la traza del plano tangente, igual á T′ H, que en el caso presente da la casualidad de que el punto H de la línea Z *v* coincida con la línea T′ T.

Las líneas H′ N, H N son, en el plano tangente á la cúpula rebatida, las trazas de los dos planos que tienen por trazas verticales á las líneas Z R, Z R, y los puntos *d d*, determinados por las perpendiculares *n′* D *d′*, *n′* D *n*, á la traza N N son, en el plano tangente á la cúpula rebatida, los puntos de contacto de las tangentes á la elipse, paralelas entre sí y perpendiculares á la traza de este plano. La línea *d d* es un diámetro de esta elipse. Su diámetro conjugado pasa por el centro O, y es paralelo á las tangentes *d n*, *d n*. Ahora sólo se trata de obtener en el plano tangente á la cúpula, un punto de la superficie cónica de extrados, eligiéndose aquel en que la generatriz de esta superficie cónica comprendida en el plano vertical que pasa por el eje, corta al plano tangente. La traza horizontal de este plano vertical es la línea Z E. La altura Z K del punto K, sobre el plano horizontal tomada de E á *k*, da en el plano vertical rebatido la posición de la generatriz que corta al plano tangente en el punto *z*, cuyo punto, en proyección horizontal, está en *z′*, y proyectado sobre el plano tangente, rebatido sobre el plano horizontal, está en *k″*. Luego, para describir la elipse se tiene un diámetro *d d′*, la dirección de su conjugada paralela á sus tangentes, y un punto *k′* de la curva.

Esta curva *l d k′ l* se traza luego por medio de ordenadas paralelas á las tangentes extremas, proporcionales á las de un círculo descrito en el diámetro de la elipse y que tenga las mismas abcisas.

Sea (fig. 875), *d d* un diámetro de una elipse, *d t*, *d t*, dos tangentes paralelas tiradas en las extremidades de este diámetro; el diámetro conjugado estará en la posición *c g* paralela á estas tangentes. El punto R es un punto dado de la elipse que se trata de trazar. Descríbase el semicírculo *d g d*; tírese R *p* paralela á las tangentes, y la ordenada *p m* al círculo, únase al punto *m* con el punto R. Para determinar el punto de la elipse situado sobre una ordenada *q r* paralela á *d t*, trácese la ordenada al círculo *q n*, trácese por el punto *u* una paralela á *m* R, y el punto *r* será un punto de la elipse. Teniendo los diámetros se pueden construir los ejes si se desea trazar la curva por este sistema.

Por medio de una construcción semejante se pueden determinar igualmente los elementos del trazado de la elipse, que es la traza de la misma superficie cónica, sobre el plano paralelo al plano tangente á la superficie de la cúpula. No obstante se puede simplificar mucho la construcción atendiendo á que esta segunda elipse es semejante á la primera, puesto que corresponde á la misma superficie y que se encuentra en un plano paralelo

al en que está trazada la primera; así, la traza horizontal de este plano es la línea *n n*, v' z'', paralela á *v z* (fig. 873), sobre la traza del plano paralelo al plano tangente, sobre el plano vertical que pasa por el eje común; e'' es el punto en donde el eje corta á este plano paralelo; H″ su proyección horizontal, y H‴ su proyección de trazado.

Asimismo el punto z'' en que la generatriz superior corta al plano paralelo al plano tangente puesto en proyección en z''', tiene su proyección de trazado en k''; de modo que para esta segunda elipse 2 d' k'' d' 2 se tienen su diámetro d' *d*, sus tangentes paralelas á las de las de la primera y uno de sus puntos k''.

Las elipses, que son las trazas de la superficie cónica del intrados del hueco en los mismos planos, son semejantes á las dos primeras.

Sus elementos se determinan por medio de paralelas á las líneas que han servido para determinar los elementos de las primeras. Así los puntos g' g', son las proyecciones de los puntos e'', e''; las líneas *s* g', *s* g', que determinan los puntos D′ D′, son paralelos á las líneas *z g*, *z g*, y las perpendiculares á la traza del plano tangente que pasan por los puntos D′ D′, dan los puntos d'' d'' que fijan la longitud del diámetro de la elipse paralelo á *d d*, siendo la línea *s* k' paralela á la línea *z k*, con lo cual se determina el punto z'''', y por consiguiente el punto z'''' y por fin el punto k''' correspondiente á la elipse 3 d'' k''' d'' 3.

Las mismas paralelas determinan los puntos d''', d''' y por lo tanto, el diámetro d''' d''', los puntos z'''' z'''', y el punto k'''' correspondiente á la elipse 4 d''' k'''' d''' 4.

1 *d* k' *d* 1, 2 d' k'' d' 2, 3 d'' k''' d'' 3, 4 d'''' k'''' d'' 4, son pues las trazas de las superficies cónicas sobre el plano tangente á la superficie de la cúpula y sobre el que le es paralelo.

Los cuadriláteros 20-21-22-23, 24-25-26-27 cuyos lados limitan en el plano tangente y su paralelo, la extensión del arco que se trata de cortar, se obtienen con la mayor facilidad construyendo en ambos planos: 1.° las trazas del plano inclinado del tragaluz que pasa por su eje y cuya traza vertical sobre el hueco es la línea V U, para los lados 20-23, 21-22 del primer cuadrilátero; 2.° las trazas del plano que pasa por el eje cuya traza sobre el hueco es la línea E′ G″ para los lados 26-27, 24-25 del segundo cuadrilátero.

El cuadrilátero de puntos 1-2-3-4, es la proyección del trazado de la pieza escuadreada que contiene la parte de la curva cuya longitud es igual á la línea A′ O ó A′ P de la figura 872; la cara superior de esta pieza se halla en el plano tangente y la cara inferior en el paralelo á éste.

Antes de cortar las superficies cónicas es preciso marcar sobre las trazas de estas superficies los puntos en que se cruzan con una serie de generatrices para que éstas sirvan de guías al cortar á dichas superficies. Estas generatrices pasan todas por los vértices de las superficies cónicas correspondientes á las curvas, cuyos vértices se proyectan sobre el plano tangente al de trazado en los puntos z'''' y s'''. Los planos normales para la construcción de estos puntos, están rebatidos á la derecha.

Los desarrollos de las dos superficies cónicas están trazados en la fig. 874, y están construídos por medio del arco del hueco V K U, dividido en partes iguales y con las verdaderas dimensiones de las generatrices obtenidas por medio de proyecciones; los dos vértices se unen en el mismo punto S. La curva V′ K′ U′ es el desarrollo del semicírculo V K U, y la curva v' k' u' es el del semicírculo *v k u*. Siendo las superficies cónicas semejantes, los desarrollos lo serán también. En este doble desarrollo se han indicado las zonas semejantes que, en las superficies cónicas, corresponden al espesor de la bó-

veda de la cúpula. El rayado entero expresa la zona que se aplica á la superficie cónica de intrados, y el rayado de puntos expresa la zona correspondiente al intrados.

Para completar este desarrollo, basta señalar las trazas del plano tangente y de su paralelo, para que pueda aplicarse cada zona, una vez cortada, á la superficie cónica correspondiente en la situación que le convenga entre las dos superficies de la pieza de madera.

CAPÍTULO XXV

CRUCES DE SAN ANDRÉS EMPLEADAS EN LAS CUBIERTAS

CRUZ DE SAN ANDRÉS EN CUBIERTAS PLANAS.—CRUCES DE SAN ANDRÉS RECTAS. En la página 153 se han explicado ya los ensambles conocidos con el nombre de cruz de san Andrés, habiéndose indicado su empleo en los entramados (pág. 162) y en los cuchillos de armadura (pág. 204).

Los cuchillos de las figs. 876 y 877 tienen los entramados de las cubiertas consolidados por cruces de san Andrés. En la figura 878 está proyectada la parte de cubierta (fig. 876) que contiene la cruz, cuya proyección se supone hecha según la línea *x y*.

Las cadenas ensamblan en el tirante *d* y en el puente *e* por medio de entalladuras, y presentan perpendicularmente á la cubierta las caras que reciben el ensamble de los brazos *f*, *g* de las cruces de san Andrés.

El empleo de estas cruces en las cubiertas tiene por objeto evitar la flexión de las cubiertas en sentido de la longitud de los edificios.

En la fig. 878 las cruces de san Andrés son rectas y planas.

CRUCES DE SAN ANDRÉS INCLINADAS Ú OBLICUAS.—Las figs. 879, 880 y 881 representan un modelo de cruz de san Andrés en un peto oblicuo.

La fig. 879 es una proyección vertical; la fig. 880, una proyección horizontal, y la fig. 881 un plano de trazado. La línea *b d* es la línea de derrame, el punto *p'* corresponde al pendolón, el triángulo *m p p'* es el perfil recto del peto, el triángulo *b p'' d* es el entramado del peto construído y rebatido sobre la proyección horizontal.

CRUCES DE SAN ANDRÉS EN CUBIERTAS CURVAS

CRUZ DE SAN ANDRÉS EN UNA CUBIERTA CILÍNDRICA.—En la fig. 882 *a b* es el perfil ó arco de la bóveda cilíndrica; *c b* horizontal al nivel del arranque del cilindro; *a*, cumbrera; *p*, *q*, correas ó cadenas entre las cuales se encuentra la cruz de san Andrés.

Esta cruz puede establecerse de dos modos. Sus caras de ensamble pueden ser perpendiculares al plano tangente á la superficie cilíndrica cuya generatriz está proyectada en *t*, situada en el centro de la distancia entre las dos correas, siendo la traza de este plano la línea *x y*; ó bien pueden ser perpendiculares á un plano vertical paralelo al eje de la bóveda cilíndrica, que pasa por la cumbrera y cuya traza es la línea *a c*.

La fig. 883 presenta la proyección de las correas ó cadenas y de la cruz de san Andrés relativa al primer caso. Esta proyección está hecha sobre el plano tangente; el arco *a' b'* es el perfil de la bóveda cilíndrica, siendo el mismo que el *a b'* de la fig. 883, sólo que está rebatido sobre el plano tangente después de haber girado al rededor de su diámetro *m n*, paralelo á este plano, cuya traza, en el perfil, es la línea *a c*; *t t* es la línea de contacto del plano tangente con la superficie cilíndrica.

La posición de las piezas que forman una cruz de san Andrés regular, esta determinada por las líneas de centro 1-4, 2-3. Sus caras de intrados y de extrados están situadas en las superficies de la bóveda cilíndrica, sus caras de ensamble son perpendiculares al plano tangente y están proyectadas por líneas paralelas á las líneas de centro 1-4, 2-3. La pieza 2-3 está proyectada sobre un plano perpendicular al plano tangente, rebatido en 2'-3 hacia la derecha Las aristas de esta pieza son arcos de elipses trazados en las superficies cilíndricas por las caras de ensamble.

La fig. 884 es una proyección de esta misma cruz de san Andrés sobre un plano vertical paralelo al eje de la bóveda cilíndrica.

En la fig. 885, que es una proyección vertical en un plano paralelo al eje de la superficie cilíndrica, las caras de ensamble de las piezas 1-4, 2-3, de la cruz de san Andrés, son perpendiculares al plano tangente, lo cual es relativo al caso segundo.

a'' b'' es el arco de la bóveda cilíndrica· *p* y *q* son las cadenas, cuyas caras de ensamble son horizontales. En 1'-4' se encuentra una proyección de la pieza 1-4, sobre un plano paralelo á sus caras de ensamble y rebatida á la izquierda. Sus aristas son, como en la fig. 883, arcos de elipses.

CRUZ DE SAN ANDRÉS EN UNA CÚPULA ESFÉRICA. Como en el artículo anterior, la cruz de san Andrés puede tener sus caras perpendiculares á un plano tangente á la esfera, en el punto en que las líneas de centro de las piezas de la cruz se cruzan, ó bien perpendiculares á un plano vertical que pasa por el eje de la cúpula.

El primer caso está representado en la figura 886; *d o d* es el arco de la cúpula en proyección vertical sobre el círculo mayor, que pasa por el centro *c* de la esfera; *d o' d* es, en el plano horizontal, el arranque de la cúpula, siendo la línea *d d* la intersección de los dos planos de proyección en el cual se encuentra el centro de la cúpula; *p* y *q* son las proyecciones verticales de las dos filas de correas entre las cuales se halla la cruz de san Andrés.

Sea cual fuere la posición que se adopte para las caras de ensamble y debiendo ser la cruz simétrica, se hará de modo que las líneas de centro de los brazos se crucen con estas correas en los puntos *a*, *e*, *i*, *u*, en donde se cortan por dos planos paralelos verticales perpendiculares al plano de proyección, cuyas trazas son las líneas *m m'*, *n n'*. Las cuerdas *a u*, *e i*, son paralelas é iguales; al rebatir hacia la derecha el meridiano vertical proyectado en *o o'*, el plano que contiene las cuerdas *a u*, *e i* tiene por trazas á la línea *o'' a''*.

Si se imaginan dos círculos máximos de la esfera, que pase el uno por los puntos *a*, *i*, y el otro por los puntos *u*, *e*, estos dos círculos cortarán al plano en donde se hallan las cuerdas *a u*, *e i*, según las diagonales *a i*, *u e*, y su intersección *k* será un punto de la

intersección de los dos círculos máximos. El punto *k* se encuentra en el meridiano, y al rebatirse éste en *k'*. Por consiguiente, el diámetro *h k''* es la intersección de los dos círculos máximos. En este mismo rebatimiento, la línea *x y*, perpendicular á *h k''*, es la traza del plano tangente al cual deben ser perpendiculares las caras de ensamble de la cruz de san Andrés.

Para hallar la proyección de la cruz sobre el plano tangente, es preciso hacer girar la cúpula ó esfera al rededor del eje *d d*, hasta que el punto *k* se proyecte en *c*. Entonces la línea *h k'* estará proyectada igualmente en *c*, y el plano tangente será paralelo al plano del papel.

Según este movimiento de la esfera, los círculos que limitan el ancho de las caras de las correas que reciben los ensambles de la cruz de san Andrés, se proyectan en el plano tangente según elipses, de muy fácil construcción, por tener sus ejes mayores iguales á los diámetros de los círculos de que dependen sus proyecciones, y sus ejes menores iguales á las proyecciones de estos mismos diámetros sobre la traza del plano tangente.

Una vez proyectadas estas elipses, es fácil trazar la cruz sobre el plano tangente paralelo al papel, por cuanto las líneas de centro 1-4, 2-3, son las trazas de los dos círculos máximos de la esfera y por hallarse siempre los puntos 1, 2, 3, 4, en las paralelas *m m' n n'*.

La proyección horizontal expresa la de la cruz en 1' 2' 3' 4', siendo sus aristas arcos de elipses, proyecciones de los círculos que resultan de las secciones de sus caras en las superficies de esfera de la cúpula.

Rebatiendo los círculos máximos 1-4, 2-3, al rededor de sus diámetros 7-8 y 5-6, se obtienen las proyecciones de los brazos en 1''-4'' y 2''-3'' sobre sus caras de ensamble y según sus verdaderas formas y dimensiones.

La fig. 887 es la proyección vertical de la cúpula y de la cruz de san Andrés que se acaba de construir.

El segundo caso está representado (figura 888) por una proyección vertical y una proyección horizontal. La línea *d d* es la común sección de los dos planos de proyección. Esta disposición sólo se emplea cuando las correas ó cadenas *p q* tienen sus caras superiores é inferiores planas y horizontales, puesto que entonces el ensamble de la cruz con las correas es mucho más fácil que cuando éstas tienen sus caras de ensamble normales á las superficies de la cúpula.

En la proyección horizontal se ve la cruz de san Andrés sin las correas, habiéndose sólo proyectado por líneas de puntos los círculos que limitan sus caras de ensamble en la cruz ó las ocupaciones de los brazos.

Las caras de ensamble de esta cruz de san Andrés son planos que cortan á las superficies esféricas de la cúpula, según círculos rebatidos á derecha é izquierda, para dar la proyección de cada brazo de cruz 1-4, 2-3 sobre de una de sus caras de ensamble, en 1'-4, 2'-3'.

En la fig. 889, que es una proyección vertical, se ha supuesto que en vez de cruz de san Andrés se emplean piezas arqueadas y tornapuntas ensambladas entre las cuerdas curvas y las correas. A la izquierda, esta figura presenta dos proyecciones de las piezas curvas y tornapuntas, para el caso en que las caras de ensamble de las correas *p q* sean horizontales.

A la derecha de la misma figura se representan las correas *p q* cuyas caras de ensamble son normales á las superficies de la cúpula.

Las piezas curvas y los tornapuntas ensamblados, se representan igualmente por medio de dos proyecciones: en una de ellas están ensamblados á la cuerda que se presenta de frente, y en la otra lo están á la cuerda que se presenta de perfil.

Los tornapuntas 1' y 2' están proyecta-

das en 1'' y 2'' sobre sus caras de ensamble; sus aristas son arcos de círculo resultantes de las secciones hechas por los planos de sus caras en las superficies esféricas de la cúpula.

La fig. 890 es una proyección horizontal de la corona que forma una correa superior *s* en la cual se encuentra una cruz formada por las prolongaciones *t* y *r* de las cuerdas.

Cruz de san andrés en las cubiertas cónicas. En la cubierta cónica proyectada vertical y horizontalmente (fig. 891), en la cual la línea *d d* es la intersección de los dos planos de proyección, las correas *p q* tienen sus caras superiores é inferiores planas y horizontales; la cruz de san Andrés está comprendida entre dos planos perpendiculares al plano de proyección vertical, cuyas trazas son las líneas *m m'*, *n n'*. Las caras de ensamble de las piezas cruzadas se encuentran en planos perpendiculares al plano vertical; las proyecciones de sus aristas son arcos de parábola; los planos que contienen á estas caras son paralelas á las generatrices de las superficies cónicas. Se ha supuesto que en la proyección horizontal una parte de la correa *p* está separada para que se vean con toda claridad las puntas de las piezas de la cruz.

La fig. 892 representa, como la anterior, la proyección vertical y la proyección horizontal de una cubierta cónica. La línea *d d* es igualmente la intersección de los dos planos de proyección. La cruz de san Andrés está establecida entre dos planos perpendiculares al plano de proyección vertical cuyas trazas son *z m'*, *z n'* paralelas á las proyecciones *s m s n* de las generatrices, que son las líneas del centro de las cuerdas inmediatas á la cruz; sus trazas horizontales son *m'' m'*, *n' n''*. Las caras de las piezas que forman esta cruz son, como en la figura anterior, perpendiculares al plano vertical.

En la fig. 893 se ha construído la cruz de san Andrés estableciendo sus caras de ensamble perpendiculares al plano tangente á la superficie cónica, lo cual ofrece la ventaja de poder establecer el plano de trazado de sus brazos con la mayor facilidad, y ensamblarles por medio de una junta más fácil de señalar y ejecutar.

El vértice del cono se encuentra en *s*. Se hace girar la cubierta al rededor de la horizontal *z x* que pasa por este vértice y que es paralela á la intersección *d d* de los dos planos de proyección, hasta que el plano tangente cuya traza horizontal es la línea *t t* sea paralelo al plano del dibujo. Los círculos que son las aristas de las caras de ensamble de las correas *p q*, están proyectados sobre este plano tangente, según elipses que se obtienen proyectando las extremidades de los diámetros *r r'*, *o o'*, *v v'*, *e e'* de los círculos sobre la generatriz *s r*, que es la traza del plano tangente en el meridiano rebatido, y haciendo *s*-1, *s*-1', *s*-2, *s*-3, *s*-3', *s*-4, iguales á *s r*, *s r''*, *s o''*, *s v*, *s v''*, *s e''*, siendo los ejes mayores iguales á los círculos proyectados.

La cruz de san Andrés está trazada simétricamente con relación á la línea *s*-1, de modo que el punto *u* en donde estas piezas se cruzan esté algún tanto separado de la correa superior, para que las entalladuras ó muescas no estén demasiado próximas á las puntas de las piezas. La pieza 5-6 está proyectada en 5' 6' sobre un plano paralelo á sus caras de ensamble y rebatido á la izquierda. La cruz y las cuerdas están proyectadas horizontalmente.

Cruz de san andrés en espiral en una cubierta cónica. Con el nombre de *cruz de san Andrés en torre redonda*, Fourneau ha desarrollado en su *Arte del trazado* el modelo de una cruz en espiral sobre una cubierta cónica, que es el mismo problema expresado en las figs. 894, 895, 896, 897 y 898.

La fig. 894 es la proyección vertical de

una cubierta cónica representada por generatrices de su superficie que pasan por los puntos de las divisiones iguales de su base (figura 895). Los brazos de la cruz deben ensamblar por debajo en una solera ó correa, y en lo alto en dos cuerdas.

La condición impuesta por la estructura de la cruz es que sus aristas tracen en la superficie del cono líneas espirales que corten á todas las generatrices bajo un mismo ángulo. Para trazar estas líneas en las proyecciones (figs. 894 y 895), es preciso construirlas antes sobre un desarrollo de la superficie cónica, expresado por la fig. 898.

Fourneau traza una arista, dando primeramente un ángulo cualquiera *s a b*, que es el que forma una cuerda de la curva con la generatriz *s a*; forma luego sucesivamente los ángulos *s b c*, *s c d*, *s d e*, *s e f*, etc., iguales al primero, trazando desde los puntos en que estas cuerdas cortan á las generatrices tomados como centros, los arcos iguales 1-2, 1′-2′, 1″-2″, etc.; los puntos *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, etc., son los puntos de la curva de una de las aristas de la cruz.

Para obtener los puntos de la curva con mayor facilidad y exactitud, se trazan las diagonales 1-b'', 2-b''', 3-b'''' paralelas á a' b' á medida que los puntos 1, 2, 3, 4, etc., se van transportando por medio de arcos de círculo descritos desde el vértice *s* del desarrollo, cuyos arcos prolongados darán sobre las generatrices los puntos a', b', c', d', e', etcétera, de la curva.

La curva que resulta de esta construcción es la que los geómetras llaman *espiral logarítmica*, que tiene la propiedad de que sobre las generatrices *s m*, $s\ m'$, $s\ m''$, $s\ m'''$, correspondientes á partes iguales tomadas en la circunferencia del desarrollo, se tiene $s\ a : s\ b :: s\ b : s\ c :: s\ c : s\ d :: s\ d : s\ e :: s\ e : s\ f$, etc., es decir que, formando las abcisas *a m*, $a\ m'$ $a\ m''$ progresión aritmética, las ordenadas tomadas sobre las generatrices estarán en progresión geométrica.

Estos dos métodos tienen el inconveniente de que la curva que sale de un punto *a* no se conoce á qué punto de su generatriz $s\ a'$ debe llegar, y sin embargo, para dar á la cruz de san Andrés la posición que le corresponda, es preciso saber elegir los puntos en donde debe tener sus ensambles. He aquí un método preferible á los anteriores, que consiste en la intersección de un cierto número de medios proporcionales geométricos entre dos términos dados. Supóngase que la curva que se trata de trazar, sale de un punto dado *a* y debe llegar al punto *o* de la generatriz *s a*; para hallar los puntos en donde corta á las generatrices intermediarias, basta introducir medias proporcionales, determinando primeramente la media proporcional *s e* entre *s a* y *s o*; luego la media proporcional *s o* entre *s a* y *s e*; otra media proporcional *s g* entre *s e* y *s o*; y así siguiendo, es decir, determinar medias proporcionales entre dos de las ya determinadas.

Para hallar una media proporcional entre dos líneas, se traza el semicírculo (fig. 899), cuyo diámetro *e o* está compuesto de *s e* y de *s o* tomados de la fig. 898; la ordenada *s g* (fig. 899), es media proporcional entre las dos partes del diámetro, igual á la línea *s g* de la fig. 898.

Para que en la fig. 898 no haya confusión de líneas, se ha tomado sobre la figura 897 el mismo desarrollo, y las dos espirales *a b c d e f g h o*, que son iguales y simétricas, junto con las curvas semejantes a' b' c' d' e' f' g' h' o' que indican el ancho de las caras de la cruz en el desarrollo de la superficie cónica.

Terminado este desarrollo, se construye la cruz sobre la proyección vertical (figura 894) y sobre la horizontal (fig. 895), operando, para todos los puntos, del mismo modo expresado para el punto *b*. La longitud de la generatriz *s b* tomada sobre el desarrollo (fig. 897) se transporta á *s*-1, so-

bre la generatriz proyectada en *s p* ó *s q* (figura 894); por el punto 1 se tira la horizontal 1-*k*-1, que da sobre las generatrices *s m*, *s m* dos puntos *b b*, correspondientes á las curvas.

Estos puntos se proyectan horizontalmente por medio de verticales *b b'*, *b b'*, ó por las proyecciones del círculo 1'-*k*-1' resultante de la sección hecha por el plano horizontal 1-1 en la superficie cónica.

Los puntos *b b'* se proyectan del mismo modo, así como también todos los demás puntos de estas curvas correspondientes al ancho de la cruz.

Con relación á las proyecciones de las aristas de la cruz de san Andrés en las superficies cónicas interiores, se emplea el método de las secciones, por un sistema de planos verticales que pasan por el eje del cono, para que las generatrices de las caras de ensamble sean normales á la superficie cónica de la cubierta, operando para todas las secciones como va á indicarse para una de ellas.

Supóngase que la proyección vertical *p s q* se ha subido á *p' s' q'*, y que una de las cuerdas que forman el espesor de la cubierta está proyectada á la derecha, á lo largo de la generatriz *s' q'*.

Para que las caras de ensamble sean, como se ha dicho, perpendiculares á las superficies cónicas de la cubierta, por los puntos *b* y *b'* se trazan perpendicularmente á las generatrices las líneas *b*, b^o, *b'*, *b''*. El rectángulo *b* b^o *b''* *b'* es entonces la sección hecha por el meridiano correspondiente á la generatriz *s m* ó *s m'* en los brazos inferiores de la cruz El rectángulo *h* h^o *h''* *h'* es la sección hecha por este mismo meridiano en los brazos superiores de la cruz. Estos puntos *b*, b^o, *b''*, *b'* del primer rectángulo, y *h*, h^o, *h''*, *h'* del segundo se proyectan vertical y horizontalmente sobre las generatrices de las superficies de la cubierta cónica correspondientes.

Se opera del mismo modo para los demás putos y se trazan en las proyecciones vertical y horizontal las proyecciones de las aristas de la cruz.

La cuerda que representa el perfil de la cubierta contiene los rectángulos correspondientes á los meridianos situados sobre las diferentes generatrices trazadas en el desarrollo y en las proyecciones.

Las fig. 900 y 901 son las proyecciones horizontales de cruces de san Andres correspondientes á cúpulas ó cubiertas cónicas. En la primera, las superficies de ensamble de las piezas que forman la cruz son cilíndricas, y sus generatrices horizontales son perpendiculares al plano de proyección vertical. En la segunda, las mismas superficies tienen sus generatrices verticales.

La fig. 902 es la proyección vertical de una cubierta cónica. Las superficies de ensamble de la cruz de san Andrés son superficies alabeadas, cuyas generatrices son horizontales que pasan por el eje vertical de la cubierta.

Estos tres tipos de cruz obedecen más al capricho que á la solidez de la construcción, por lo cual no deben ponerse nunca en práctica en atención á que el verdadero arte consiste en emplear en las construcciones piezas de formas sencillas y estrictamente necesarias para la seguridad de los edificios.

CAPITULO XXVI

CITARAS Y PECHINAS

Cítaras. Las cítaras son entramados compuestos de piezas curvas, empleados comunmente para sostener cubiertas voladas de las lucernas y ventanas, para resguardarlas de la lluvia impelida por el viento. Todo cuanto se dirá relativo á esta clase de construcciones es sólo el complemento del capítulo relativo á las lucernas.

Cítaras rectas. La fig. 903 comprende las proyecciones verticales de dos cítaras; la fig. 904 representa sus proyecciones horizontales; las partes de la izquierda de estas dos proyecciones representan una cítara cuadrada. Las partes de la derecha representan una cítara redonda.

La fig. 905 es otra proyección vertical sobre un plano perpendicular á las otras proyecciones.

El cuadrante *a b* que da el perfil de la cítara es tangente al montante en el punto *b* del arranque y al punto *a* del techo, detrás del espesor del friso, cuya parte exterior *a* es necesariamente plana y horizontal.

Lo que en general distingue á las cítaras de las simples cubiertas de las lucernas, es que éstas están sostenidas por tornapuntas diagonales *b' a'*, *d' a'* (figura 904) que presentan las aristas formadas por la intersección de las superficies, en las cuales se traza el arco *b a d* del hueco (figura 903), y las cadenas *b a*, *b' a'* (figuras 905 y 906) que sostienen los aleros de la cubierta.

La fig. 908 es la proyección vertical de la pieza arqueada que sostiene el friso de la cítara redonda, según el perfil de la repisa en que ensambla. Esta proyección está hecha sobre una de las caras verticales de la pieza de madera proyectada horizontalmente en 1 2-3-4, en la cual debe consolidarse la pieza curva, y proyectada en 1-1'-2'-2.

Tanto las piezas curvas como los tornapuntas ó cadenas de las cítaras se ensamblan en los montantes del marco, apoyando en una espera sobre la cual se las adelgaza en toda su longitud ó altura.

La fig. 907 es la proyección de la cadena ó tornapuntas *b' a'* sobre un plano paralelo

á sus caras de ensamble y rebatido sobre el plano horizontal.

En todas las figuras, las líneas *b c* ó *b' c'* son las trazas del plano horizontal que comprende el arranque de las curvas.

La fig. 909 que, como la fig. 904, corresponde á la proyección vertical de la figura 903, es la proyección horizontal de dos cítaras, cuadrangular la una y redondeada la otra, ambas en esviaje en sus planos.

Las proyecciones de todas las piezas se obtienen exactamente del mismo modo que las piezas curvas de los cuchillos de arista en las cubiertas superficies cilíndricas interiores, por cuyo motivo, en todas estas figuras se prescinde de los detalles de construcción gráfica de las proyecciones de las distintas curvas.

CADENAS Ó TORNAPUNTAS EN CÍTARAS DE SUPERFICIES ALABEADAS. Las figs. 910 y 911 son las proyecciones vertical y horizontal de una cítara redonda, como la anterior, sólo que en ésta las caras de ensamble de las piezas curvas de sostén que reciben á los cuartones son superficies alabeadas engendradas por líneas rectas, que apoyan en las aristas que comprenden el espesor de los tornapuntas y sobre el eje de las superficies cilíndricas en que se encuentran dichas aristas.

La construcción de las curvas de extrados de los tornapuntas 1-*n'*-2, 1'-*o'*-2' es muy fácil. Cada punto tal como el *n'* se obtiene por la intersección de la vertical *n n'* trazada por el punto *n* (fig. 910) con la línea *q n'* (fig. 911) trazada por el punto *m'*, proyección del punto *m* de la fig 910 y paralelamente á *b' d'*. Del mismo modo, siendo *a' b' a''* el perfil de la cítara alabeada de la derecha, el punto *o'* se obtiene por la intersección de la vertical *o o'* con la línea *p o'*, que pasa por el punto *n'* proyección del punto *u*. La fig. 912 es una proyección del tornapuntas sobre el plano vertical que contiene su curva de arista y cuya traza horizontal es la línea *a' d'*.

Fourneau adopta esta construcción para las caras de ensamble 1-*n'* 2, 1' *o'*-2', con el objeto de que el ensamble de los cuartones sea más estable, puesto que sus líneas de derrame son perpendiculares á las superficies interiores de la cítara; pero como las superficies alabeadas no son tan fáciles de ejecutar como las superficies planas, y además, los empujes que deben sufrir los cuartones son casi nulos, no hay ningún inconveniente en emplear el sistema de ensamble ordinario.

CADENAS Ó REFUERZOS POR SECCIONES HORIZONTALES. Las figs. 913 y 914 representan algunos refuerzos de cítaras empleados antiguamente por los carpinteros.

La fig. 913 es la proyección horizontal, y la fig. 914 la proyección vertical del arco del hueco. El arco del perfil de la repisa es igual á la mitad del arco del hueco. Los planos horizontales cuyas trazas verticales son las horizontales *a*-1, 1'-2, 2'-3, 3-4, cortan á las dos superficies cilíndricas de intrados y de extrados de la bóveda del hueco y á las dos superficies cilíndricas de la repisa, según rectas que forman un cuadrado en cada nivel, representados horizontalmente por *a* 1, 1-2, 2 3, 3-4. Dos de los ángulos de estos cuadrados son, en una de sus diagonales, puntos de la línea *b a* ó *d a*, proyección de la curva de arista del tornapuntas ó refuerzo de la cítara. Los otros dos ángulos son puntos de las aristas proyectados por la curva *m' o' a'*, *m'' o'' a''* de la pieza rebajada que forma este refuerzo.

La fig. 915 es una proyección vertical del refuerzo sobre un plano vertical paralelo al que contiene su arista y cuya traza es *b a*.

Fourneau hace observar con mucha razón que, para la ejecución del refuerzo ó tornapuntas esta construcción exige una pieza de madera muy gruesa por tener que contener, en sus caras verticales, la proyección de la fig. 915 en un espesor marcado por sus líneas *v x v' x'*, y sobre sus

:aras de pendiente, la proyeccion de torna-)untas en un espesor marcado por la distancia de las líneas *y z*, *y' z'*, paralelas á la)royeccion de la arista *b a* de la cítara; de londe se deduce que la primera cons- .ruccion (figs. 903 y 904), que es la más sencilla, es al propio tiempo la mejor.

CÍTARA CONOIDAL. La fig. 916 es una :ítara en torre redonda cuya superficie inte- ·ior afecta la forma de un conoide.

En la proyeccion vertical *b a d* es el se- nicírculo que forma el arco del hueco ci- índrico.

En la proyeccion horizontal. *b' a'*, *d' a'* son las trazas de dos planos verticales que cortan á la superficie cilíndrica segun dos elipses; pero como estos planos forman ángulos de 45° con los dos planos de proyeccion verticales, estas curvas se proyectan formando un arco de círculo en *b'' a''* en la segunda proyeccion vertical. Estas dos curvas son las directrices de una superficie alabeada engendrada por una horizontal que apoya en ellas, y sobre la vertical *o a* proyectada horizontalmente en *o'*.

Las caras verticales de los refuerzos son paralelos á los planos de las aristas *b' a'*, *d' a'*; sus proyecciones verticales se confunden con las del hueco.

Tanto el desarrollo del paramento de la torre redonda como la proyeccion de su arista se obtienen haciendo la línea *b a d* (figura 916) igual al desarrollo del círculo *h i k*; las abcisas *h p* (fig. 917) iguales á los arcos de círculo *h p* (fig. 916), y las ordenadas *p m* (fig. 917) iguales á las ordenadas *q n* (fig. 916).

CÍTARA PLANA. La fig. 918 es una cítara en torre redonda formada por una seccion plana *b a b*. Basta fijarse un poco en las dos proyecciones para que se comprenda su construccion que, si bien no es de las más elegantes, pero en cambio es la más sencilla.

CÍTARA EN ESVIAJE Y CON DOBLE PENDIENTE. Las figs. 919, 920 y 921 son las proyecciones en elevacion y en perfil de una cítara cuadrangular en pendiente, ó á doble pendiente y en esviaje en la planta.

CÍTARA REDONDA EN ESVIAJE Á DOBLE PENDIENTE. Las figs, 922, 923 y 924 son las proyecciones de otra cítara igualmente en pendiente, en elevacion y en perfil, y en esviaje en su planta, afectando ésta la forma de una elipse á causa del esviaje.

En estas figuras no están espresados los refuerzos, habiéndose trazado solamente sus aristas en *b' o' a' d' u'a'* en la proyeccion horizontal, y en *b o a*, *d u a* en la proyeccion vertical.

En la fig. 919 la proyeccion vertical de la cítara (fig. 920) está completa; en la figura 922, se ha dado únicamente el perfil de la fig. 923 segun la línea *c' a'* de la planta. En todas estas figuras, las proyecciones correspondientes á un punto están espresadas con las mismas cifras ó letras.

CÍTARA EN TORRE REDONDA. En la figura 925 está espresado el coronamiento de una ventana de medio punto abierta en una torre redonda. La superficie de la repisa ó voladizo inferior de la cítara es una porcion de superficie anular engendrada por el perfil trazado á la derecha, que gira al rededor del eje de la torre. Las curvas que forman la parte inferior del friso en la proyeccion vertical, se obtienen por un sistema de planos que cortan á la superficie cilíndrica vertical del friso segun líneas rectas, y á la superficie anular de la repisa segun su perfil engendrador; así, el punto *m'* de la proyeccion horizontal, se encuentra en la vertical *m m'* de la proyeccion vertical, cuya vertical, trasladada al perfil en *m' m''*, distante de la vertical, eje de la torre, de la cantidad *c m'*, corta en *m''* al perfil generador de la superficie anular. La horizontal *m'' m* da, sobre la vertical *m m'*, el punto *m* de la curva.

En cuanto á las piezas de refuerzo, no se

han proyectado verticalmente para no complicar la figura. Sus aristas se confunden con el arco del hueco *b r d*, y su proyeccion horizontal está representada por las curvas *b' o' a'*, *d' u' a'*, que son las intersecciones de la superficie del hueco con la superficie anular.

Esta cítara está cubierta por medio pabellon de cinco puntas por el estilo del de la figura 752, aplicado á una torre redonda, de modo que la cumbrera, adosada al paramento cilíndrico de la torre y que une los pendolones 1, 2, 1, es horizontal y sigue la curvatura de este paramento. Los entramados 1-2-4 son superficies alabeadas cuyas directrices son, para cada una de ellas, la curva horizontal de la cumbrera 1-2, y la curva de arista 1-4 igual y simétrica á la curva de arista 4-5 del peto del frente, y cuya generatriz es una recta que se mueve paralelamente á la línea de canal ó entrante 2-4.

PECHINAS

En carpinteria, las pechinas son semejantes á las de silleria, y tienen por objeto sostener los cuerpos voladizos de las fachadas de los edificios.

El nombre que se les da proviene de la semejanza que algunas de ellas tienen con el marisco denominado con este modo.

Pechina en torre redonda. La pechina más sencilla es la llamada cilíndrica, y que algunos constructores señalan con el nombre de *arco aviajado en torre redonda.*

La proyeccion horizontal de la torre redonda es un arco de círculo; su voladizo no debe ser mayor de los dos tercios de este radio; así, *c' a'* (fig. 926) es los dos tercios de *c' o'*. La proyeccion vertical de la arista de la pechina sobre el paramento de la torre es un semicírculo *b a d* cuyo centro *c* se encuentra en el arranque *b d* del arco. Esta arista de la pechina es una línea de doble curvatura, y resulta de la interseccion de la superficie del paramento de la torre con la superficie cilíndrica, cuyo eje horizontal está proyectado sobre el plano vertical en el punto *c*, y cuya base es el semicírculo *b a d*.

La superficie de la pechina es cilíndrica y está engendrada por una recta horizontal paralela al arranque proyectado en *b d* y *b' d'*, que se encuentra en el plano del paramento exterior del entramado de madera en el cual forma saliente la torre. Su perfil ó seccion por un plano vertical cuya traza es la línea *a a'* en los dos planos de proyeccion, está rebatida á la derecha (figura 929) al girar al rededor de una línea vertical.

Siempre que las maderas deban quedar aparentes, las piezas de relleno se establecen en sentido radial en la misma direccion que se da á las juntas si la pechina es de silleria. Las curvas, que son las proyecciones horizontales de las aristas de estos radios, se obtienen transportando los puntos de la proyeccion vertical sobre las proyecciones horizontales de las generatrices de la pechina en que se encuentran. Así, el punto *m*, en proyeccion horizontal, está en *m'* sobre la línea *n n'*, proyeccion de la generatriz *n n* sobre la cual se encuentra.

La arista de la pechina está formada por la solera B D de la torre, y por dos piezas arqueadas E F que ensamblan en esta solera en dos esperas inferiores que sostienen el voladizo. Apoyan, además, en dos descansos horizontales con espera practicados en los pié-derechos B F, D F por medio de unos rebajos hechos en dos de sus caras.

La fig. 727 representa las curvas ó plan-

tillas $t\ e$, $t\ e'$, $t\ e''$, correspondientes á los radios e, e', e'', a, ensamblados en el arco $a\ d$ por un extremo, y en la pieza t, llamada *dovela circular*, por el otro. Las curvas $c\ g$, $c\ g'$, $c\ g''$, son las plantillas de sus caras internas.

A la izquierda de las figs. 726 y 728 se han trazado las piezas de relleno, contenidas en caras verticales, tales como se las coloca cuando la superficie de la pechina va cubierta por un enlatado con mezcla de yeso. En la pieza curva (fig. 729) están indicadas sus ocupaciones.

PECHINA EN ÁNGULO. Las figs. 730, 731 y 732, se refieren á una pechina colocada en el ángulo de un edificio; $b\ a\ d$ es la planta de este ángulo formado por los entramados de los pisos. $n\ n'$ es un entramado cortado á la altura del piso. La pechina tiene por objeto unir este entramado cortado, con la arista vertical formada por la interseccion de los paramentos de los dos entramados de madera, y proyectada en a. Las demás líneas de la misma figura forman la proyeccion vertical de la pechina sobre el plano vertical que forma el entramado cortado.

La fig. 932 es una proyeccion vertical, sobre el paramento, de uno de los entramados de madera que forman fachadas, y en este caso concreto, sobre el que tiene por traza á la línea $a\ d$.

La otra fachada se proyecta segun la línea $a'\ n'$.

La arista de la pechina en cada fachada es un arco de círculo $a'\ n$, descrito con el centro g (fig. 932) tomado sobre el plano horizontal del arranque, con la condicion espresa de que el arco de círculo pase por el punto a'.

En la proyeccion vertical (fig. 931) los dos arcos de círculo se proyectan segun los dos arcos de elipse $n''\ a'$, $n'''\ a'$.

La superficie de la pechina es cilíndrica y está formada por una recta horizontal paralela á $n'\ u$, que apoya en los dos arcos de círculo de las fachadas.

Las soleras $a'\ b$, $a'\ d$, del piso superior á la pechina, sostienen al pié-derecho cornifal t ó del ángulo del edificio, y á su vez están sostenidas por las cadenas curvas $p\ q$ ensamblados en ellas por sus extremidades superiores, mientras que por el otro extremo apoyan en los descansos practicados en los pié-derechos verticales $v\ s$.

La cuerda curva u ensambla tambien en un travesaño y en el pié-derecho o correspondiente al centro del paramento cortado. Los cuartones r, r, que apoyan en los arcos de la pechina y que ensamblan en la solera del paramento cortado, forman el relleno de esta pechina.

PECHINA CÓNICA. Para dar una idea de las pechinas cónicas y de una de sus aplicaciones, véase el pabellon representado por las figs. 933 y 934, el cual descansa en un voladizo colocado en el ángulo de un edificio.

a, es el pié-derecho cornifal del edificio, que alcanza toda la altura desde el asiento hasta el nivel de las soleras b del piso que sostiene á este pabellon.

c, son las cartelas ensambladas en el cornifal y en la prolongacion de los travesaños del edificio. Estas cartelas soportan á las cuatro soleras $t\ o$ de los arranques de las pechinas cónicas. Cada superficie cónica tiene su vértice en t, en uno de los ángulos $o\ t\ o$. Las bases de estas superficies cónicas son cuadrantes de círculo en cada cara del pabellon; su desarrollo está espresado por los arcos $t\ v$, y como las fachadas del pabellon forman ángulos iguales con las diagonales $t\ z$ de su planta, estas bases circulares, á pesar de encontrarse en planos distintos, corresponden dos á dos á la misma superficie cónica.

El arco en forma de dovela circular apoya en unas soleras y recibe los ensambles de las cuerdas de cada pechina cónica. Las

cuerdas y las dovelas están espresadas por puntos en la proyeccion horizontal, y en la proyeccion vertical quedan ocultos, así como tambien los cuartones que reciben el revestimiento de tablas que forman las superficies interiores de las pechinas.

El balcon de la fig. 925 está sostenido por una pechina en forma de floron colgante, cuya superficie está engendrada por el cuadrante *o e* que gira al rededor del eje vertical proyectado en el punto *z* (figura 936).

CAPÍTULO XXVII

VARIOS SISTEMAS DE CONSTRUCCION DE LAS CUBIERTAS EN CARPINTERIA

SISTEMA DE TABLAS PUESTAS DE PLANO

Sistema de Filiberto Delorme.—Este sistema está compuesto de arcos ó semicírculos formados por tablas. La fig. 937 representa un semicírculo compuesto de dos gruesos de tablas puestas de punta y cuyas juntas se dirigen al centro. En cada arco, las juntas de un grueso de tablas corresponden á las líneas de centro del otro grueso, y cada tabla sólo tiene unos 130 centímetros de largo por 22 de ancho y 27 milímetros de espesor.

Los semicírculos están separados de 0‘66 apoyando en soleras colocados en la coronacion de los muros, como está representado á la izquierda de esta misma figura, ó sobre las cornisas exteriores del edificio como está representado a la derecha. En ambos casos, las cajas de estas soleras reciben á las espigas practicadas en el arranque de los arcos.

La fig. 939 representa el perfil de uno de los muros, con la seccion de una solera en la cual se ve el perfil de la caja ó escopleadura que debe recibir á la espiga del arranque del arco, cuyo perfil está representado más arriba.

Todos los semicírculos tienen igual número de juntas situadas en los mismos puntos del desarrollo de aquéllos y por consiguiente, al mismo nivel. Estos semicírculos están atravesados precisamente en sus juntas por pasadores de 0‘027^{m} de grueso por 0‘108^{m} de ancho, y éstos á su vez lo están por llaves de 0‘027^{m} de grueso por 0‘040^{m} de ancho y de una longitud aproximadamente igual al ancho de las tablas. Su objeto es sujetar los semicírculos conservándoles en sus planos verticales y á distancias iguales de 0,65^{m}, apretando al propio tiempo las tablas de cada semicírculo unas con otras en sentido de su grueso.

Estas llaves no están expresadas en las figuras 937, 938, 939, 940, 941 y 942 á causa de lo reducido de la escala, pero sí en las figuras 943 y 944. La fig. 943 es, en proyeccion vertical, una parte *m n* de un semicírculo; la fig. 944 es la proyeccion horizontal de dos partes de semicírculo *m n*, *m' n'*, cor-

respondientes á la proyeccion vertical. Estas partes estan atravesadas por cadenas *a*, *c*, *i*, que á su vez lo están por las llaves *b b*.

En la fig. 944 la cadena *c* está prolongada para que se vean las cajas ó escopleaduras que la atraviesan, como á todas las demás tambien, para recibir las llaves *f*, *g* correspondientes á otros semicírculos.

La madera que separa á unas cajas de otras debe tener un poco menos de largo que el grueso de las tablas, con el fin de que las llaves puedan llenar su objeto, suprimiéndose á veces esta porcion de madera y haciéndose una sola caja, con lo cual se disminuye la mano de obra.

PETO RECTO. La fig. 938 es la proyeccion horizontal de una cubierta que forma un peto recto construido con semicírculos, segun el sistema de Filiberto Delorme, como el representado en la fig. 937, que es una seccion de esta misma cubierta segun la línea *a b* de la planta (fig. 938).

Las partes de los semicírculos correspondientes á las aristas, tanto en las vertientes longitudinales como en la de peto, están espaciadas de 0'65^{m}; y al igual que los cuartones de los entramados ordinarios, ensamblan á caja y espiga en los semicírculos que forman las piezas de aristas y que ensamblan en el pendolon F á cuyo centro se dirigen.

La fig. 942 es una proyeccion vertical del vértice del semicírculo de la vertiente longitudinal correspondiente al pendolon octogonal atravesado por el semicírculo continuo. Este pendolon recibe los ensambles á caja y espiga del semicírculo de peto y de los otros dos semicírculos de arista. La fig. 945 representa, en proyeccion horizontal, al ensamble que se acaba de espresar.

Las figs. 940 y 941 representan las tablas antes de su ensamble, observándose que Filiberto Delorme no empleaba los pasadores para ligar las tablas de un mismo semicírculo unas con otras, puesto que cada tabla está atravesada por un solo pasador, sino que de este modo impedia, no tan sólo su resbalamiento, sí que por medio de llaves las adosaba unas á otras sin obligarlas á cerrar sus juntas.

Para igualar los canalones de las cubiertas con los bordes de los muros ó con las cornisas del edificio, se clavan en los semicírculos unos topes del grueso de dos tablas (figura 937), practicando lo mismo en la cumbrera, que forma arista entonces y facilita la salida del agua.

La fig. 946 es una proyeccion del cuchillo de arista D E, construida por los mismos procedimientos indicados ya, para hallar las curvas de interseccion de las superficies de peto y longitudinal, comprendidas en los planos verticales de las piezas de arista.

Los constructores dan á estas curvas el nombre de *curvas prolongadas* á causa de que las ordenadas verticales iguales á las de la curva principal B C D (fig. 937) corresponden á *abcisas prolongadas* en la relacion de F E á F D.

La fig. 946, que es una proyeccion de un semicírculo de arista, presenta la cara del lado del peto, si se la considera representar el semicírculo D F; y por el contrario, representa la cara correspondiente á la vertiente longitudinal, si se la supone representar el semicírculo B D (fig. 938).

Como los semicírculos de aristas reciben la carga de los cuartones, Filiberto Delorme les da tres gruesos de tablas.

Las espigas de las porciones de semicírculos que forman cuartones sólo atraviesan un grueso de tablas, de modo que la tabla del centro no está taladrada más que por los pasadores que forman la union entre los entramados longitudinales y el de peto.

La carga de las cubiertas longitudinales y la de peto bastan para mantener sus ensambles en los semicírculos de arista; no obstante, para asegurar su estabilidad y ligar los entramados longitudinales con el de

peto, es conveniente atravesar con cadenas los semicírculos de arista, alternándolas con las llaves, como se representa en *x*, *y* (figura 938).

En la fig. 947 se ha trazado separadamente una porcion del mismo semicírculo de arista, conteniendo únicamente las cajas de las cadenas ó pasadores, para que puedan verse mejor y distinguirlas de las destinadas á recibir los ensambles de los cuartones.

Hoy dia, rara vez se construyen cubiertas de peto por este sistema, aplicándose tan sólo á edificios que por sus dimensiones y empleo los frontones se construyan de obra de fábrica.

CUBIERTA DEL CASTILLO DE LA MUETTE. En la construccion de la cubierta de este castillo situado cerca de París, Filiberto Delorme perfeccionó mucho los detalles de su sistema. Como el tiro de esta cubierta alcanza una distancia de 19'49^{m}, era necesario aumentar la fuerza de los ensambles.

Las figs. 948, 949, 950, 951, 952 y 953 representan los detalles de este sistema perfeccionado.

La fig. 949 representa un fragmento de semicírculo *a*, visto como el de la fig. 937. La fig. 951 es una proyeccion horizontal que comprende dos semicírculos *a*, *a'*.

La fig. 948 es una seccion por un plano vertical perpendicular á estas dos proyecciones, y cuya traza es la línea *x y*.

Las dos cadenas ó refuerzos *b*, *b* cortan á los semicírculos ensamblando en ellos por entalladuras á media madera; los semicírculos están entallados de igual cantidad que las cadenas, hallándose todos en un mismo plano tanto en el intrados como en el extrados.

Las tablas de los semicírculos *a*, *a'* están unidas por llaves *c* que atraviesan á las cadenas en las puntas de los arcos, reteniéndolas por medio de clavijas *d* que atraviesan á las llaves *c* en las puntas que sobresalen de las cadenas *b*.

La fig. 953 representa un fragmento de una cadena *b* de la fig. 951 vista por la cara que lleva las entalladuras de ensamble con los semicírculos.

La fig. 952 es el mismo fragmento de la cadena *b* vista de lado, y por lo mismo las muescas se presentan de perfil.

La fig. 950 representa una de estas llaves *c* vista en el mismo sentido que las representadas en la fig. 948.

La fig. 954 representa un fragmento de una de las tablas de los semicírculos *a* ó *a'*, viéndose en él los agujeros de las clavijas.

La fig. 955 es una proyeccion vertical, y la fig. 956 una proyeccion horizontal de dos partes de semicírculo de una construccion más sencilla, propia para cubiertas no muy grandes.

En la construccion de la cubierta del castillo de La Muette existen algunas cadenas sencillas atravesadas por llaves que no se corresponden con las juntas, como en la figura 955, siendo su objeto el consolidar los semicírculos impidiendo el resbalamiento de las tablas.

El tiro exagerado de esta clase de entramados, produce la perfeccion del sistema, por cuanto debe forzosamente darse mayor resistencia á los semicírculos, y siendo, además, menor su curvatura se pueden emplear tablas más largas y, por lo tanto, separar aun más las juntas unas de otras; de esto resulta que, colocando dobles cadenas en las juntas, las tablas de los semicírculos pueden atravesarse en puntos intermedios por cadenas simples que no se correspondan con las juntas, y que al propio tiempo que consolidan las tablas y conservan la distancia de los semicírculos, impiden lá abertura de las juntas y cualquier desviacion de curvatura. Así, por ejemplo, en el semicírculo representado en la fig. 955, hay una tabla que alcanza del punto 3 al punto 7 en la cara del dibujo; en la otra cara del semicírculo la longitud de una tabla alcanza del

punto 1 al punto 5, en donde se encuentran las juntas; así pues, en todas las juntas, sea cual fuere la cara en donde se encuentran, corresponden cadenas dobles, é intermediariamente, en los puntos 2, 4, 6, aunque no haya junta en ellos, los dos gruesos de tablas están atravesados por cadenas simples que las retienen y juntan unas con otras. De este modo la tabla 3-7 y la tabla 1-5 están unidas entre sí por la cadena correspondiente al punto 4.

La fig. 957 representa la manera de unir la pieza voladiza con los semicírculos.

Arco de medio punto. La fig. 938 es, como ya se ha esplicado, la planta de un peto recto, construido por medio de semicírculos. La fig. 960 representa la planta de un peto de varios lados, visto por debajo, y la fig. 961, le representa en seccion por un plano *g h*. Estas dos figuras representan dos disposiciones distintas, relativamente á la colocacion de los semicírculos de relleno, separadas por la línea A B, eje de las figuras.

En las proyecciones de la derecha se representan al rededor del pendolon una série de semicírculos correspondientes á los ángulos del edificio y que constituyen las piezas de arista, en cuyo caso, cada parte comprendida entre dos de estas piezas contigüas se la combina del mismo modo que en la fig. 938; las partes que constituyen los cuartones son paralelas á los semicírculos de peto y ocupan el centro de cada entramado del medio punto.

Las cadenas se distribuyen de modo que no formen filas continuas en el desarrollo del arco de medio punto; así pues, las filas de cadenas de un entramado entre aristas, debe corresponder con el centro de los espacios que separan las filas de cadenas de los dos entramados contiguos. En esta disposicion todos los semicírculos y partes de semicírculos de relleno entre las aristas se cortan con la misma plantilla.

La izquierda de estas figuras representa una disposicion en la cual se suprimen los semicírculos de arista por suprimirse los cuartones, resultando que todos los semicírculos afluyen al pendolon, como si el perímetro del edificio fuese circular. A pesar de esto subsisten las aristas de la curvatura correspondientes á los ángulos del edificio, colocándose las cadenas del mismo modo que en el caso anterior.

Esta disposicion tiene el inconveniente de que, esceptuando los semicírculos correspondientes á las aristas, que son rectos y desbastados en ambos lados como piezas de arista, y los correspondientes á los centros de los entramados, que son igualmente rectos, todos los demás están en esviaje, con lo cual se aumenta la mano de obra, por tenérseles que tallar por encima y por debajo segun el bies de su posicion. Es preciso, además, que todas las escopleaduras de los semicírculos que reciben á las cadenas, y las escopleaduras de éstas para recibir las llaves estén igualmente en esviaje.

Las figs. 960 y 961 de que se trata, tienen por único objeto representar las disposiciones que pueden adoptarse para aplicar el sistema de Filiberto Delorme á la construccion de una cubierta poligonal.

Para evitar el inconveniente que presenta la curvatura de la superficie de una cubierta con relacion al empleo de la teja y la pizarra, las varias partes exteriores del peto se hacen planas, añadiendo voladizos que les unan la cornisa y con la cumbrera. Las caras superiores de unos y otros son líneas rectas tangentes á las curvas, espresado por líneas de puntos en la fig. 961.

Vigas armadas. El sistema de Filiberto Delorme puede aplicarse con gran ventaja á la construccion de los pisos, valiéndose para ello de vigas armadas para el sostenimiento de las vigas propiamente dichas.

La fig. 962 representa la alzada de una de ellas, y la fig. 963 su seccion junto con

el techo que sustentan. Cada viga está compuesta de tres arcos, y cada arco de dos gruesos de tablas; los tres arcos están atravesados por cadenas, y éstas lo están por tres llaves que al propio tiempo que juntan las tablas mantienen los arcos á la distancia conveniente unos de otros. Como las cadenas deben pasar más allá de los paramentos exteriores de la viga, para evitar que las llaves rompan las ocupaciones, se cubren sus voladas con piezas en forma de cartelas que sirven de adorno.

Las dimensiones más ventajosas, segun Filiberto Delorme, son: La flecha del arco debe ser $^1/_6$ del tiro de la viga colocada. Las tablas que forman los arcos tienen 0'66^m de largo para las partes menos curvadas, y 0'50^m para las de mayor curvatura, siendo su grueso 0'041^m. Para las vigas que sólo tengan de 8 á 10 metros, bastan tres arcos de dos tablas de grueso; mas para los tiros de 10 á 13 metros, la curva debe constar de cuatro arcos, y cada arco de tablas de 54 á 81 milímetros de grueso.

En longitudes de 18 metros, la de las tablas debe ser de 0·50^m, y el grueso de la viga será el $^1/_{15}$ de su longitud; las tablas podrán tener 2 metros de largo, y la distancia de los arcos entre sí de 0'16^m.

Para los tiros mayores, Filiberto Delorme aconseja construir los arcos centrales de las vigas algun tanto más altos, colocando carreras ó tablones á los lados, unidos á los arcos por medio de clavijas de hierro ó de madera.

TINGLADOS. La fig. 964 representa uno de los cuchillos de un tinglado. La parte de la izquierda está construida exactamente, segun el sistema de Filiberto Delorme, cuyos semicírculos están espaciados de 0'65^m, diferenciándose del de la fig, 937 en los pares rectos, sostenidos por los semicírculos para evitar al inconveniente de la curvatura de la cubierta. Estos pares pueden construirse de una sola pieza, ó estar formados por varias tablas ensambladas del mismo modo que las de los semicírculos, y, en atencion á la proximidad á que están unos de otros, se les pueden aplicar directamente las latas sin necesidad de correas.

La parte de la derecha de la figura se supone compuesta de semicírculos espaciados igualmente de 0'65^m, con el objeto de poder revestir el intrados con tablas que den la apariencia de bóveda; pero en este caso, los pares se separan más unos de otros y los semicírculos sobre que descansan y á los que están unidos por medio de gemelas de tablas fijas por pernos, están formados por tres tablas aumentándose así su resistencia. Estos pares reciben el ensamble de las correas que soportan á las cuerdas.

La fig. 965 representa la seccion de un tinglado ideado por Emy, de 10'38^m de ancho. La fig. 966 es un fragmento de la planta á la altura de las cadenas de los pares. La fig. 967 es otro fragmento de la planta á la altura de los arranques de los semicírculos.

Las cadenas y los pendolones son gemelos; las cuerdas descansan en los semicírculos; las cadenas de los arcos son sencillas y están atravesadas por dos pasadores ó llaves solamente. Cada una de estas cadenas sólo atraviesa dos semicírculos.

ASTILLEROS. Los astilleros son los emplazamientos destinados á la construccion de buques.

La fig. 968 representa el plano general de un astillero cubierto compuesto de 18 cuchillos.

La fig. 969 representa uno de estos cuchillos con sus pié-derechos de sostenimiento.

Los arcos están formados por tablones de 5 metros de largo unidos por pernos. La cubierta es de tablas elevadas sobre latas. Los pié-derechos descansan en una cimentacion de obra de fábrica. Los tornapuntas

de sosten de los pié-derechos descansan en unas soleras retenidas por estacas.

La fig. 970 es un fragmento de la alzada lateral para que se vean los refuerzos y cruces de san Andrés que ligan á los pié-derechos entre sí, y las piezas que completan la estabilidad en sentido de la longitud del edificio.

La fig. 972 es el plano general de un astillero, cuya cubierta está sostenida por columnas de silleria.

La fig. 975 es una seccion transversal en la cual se ve la proyeccion de un cuchillo y las cubiertas laterales colocadas entre las columnas. La fig. 977 es una parte de la alzada lateral de una de las extremidades del edificio, en la cual se ven los arcos que descansan en lás columnas y que reparten la carga de la cubierta general. Las cubiertas laterales están formadas por dos tablones ligados por cadenas gemelas que les retienen por medio de entalladuras ó muescas y refuerzos de hierro.

Las figs. 971, 973, 974 y 976 son los detalles de los ensambles á escala doble. La fig. 974 representa una parte *a* de un arco, visto como en la fig. 975, entre las dos cadenas ó pasadores *b*, *b*, ensambladas á media madera. Estos pasadores están unidos por tornillos con tuerca, representado uno de éstos en la fig. 973.

La fig. 971 es una seccion hecha en la figura 974 segun la línea *x y*; la fig. 976 es una proyeccion de dos arcos *a* y *a'* sobre un plano tangente á la cubierta principal; la parte de esta figura correspondiente al arco *a*, presenta la proyeccion del ensamble por la parte exterior dejando ver el travesaño del refuerzo. La parte de esta figura correspondiente al arco *a'*, presenta el ensamble visto por enfrente de la cubierta, viéndose las puntas de los refuerzos.

Como esta construccion está abierta por sus dos extremos, la accion del viento es muy enérgica en su interior; por lo tanto, para evitar los daños que podrian ocasionarse durante las tempestades, se unen los cuchillos de ambos lados por medio de tirantes de hierro, fáciles de quitar cuando deba verificarse el lanzamiento de un buque.

La fig. 978 representa la seccion de una cubierta en la cual cada cuchillo está compuesto de dos pares de un arco y de un pendolon. El arco está formado por tres gruesos de tablas retenidas por pernos; los cuchillos están espaciados de 3 á 4 metros unos de otros; las correas ensamblan en los pares por medio de muescas; los arcos están revestidos interiormente por tablas.

VARIAS CLASES DE ENSAMBLES. Al aplicar los constructores en general el sistema de Filiberto Delorme, no siempre lo han hecho copiándolo tal como él lo demostró, sino que se han introducido variaciones que le han hecho de más fácil ejecucion, de aplicacion más ventajosa y más económica; sin embargo, algunos de los cambios ejecutados ó propuestos demuestran que sus autores no siempre han comprendido bien el tal invento.

Rondelet aconseja que todos los pasadores se coloquen en los bordes de los arcos, en muescas practicadas al efecto, elevándoles en las tablas y alternándoles, esto es, colocando uno fuera y otro dentro. La figura 979 es un perfil de esta disposicion; la figura 980 es una seccion por un plano perpendicular al plano vertical segun la traza *m n*.

Las tablas están clavadas una sobre otra y los pasadores van clavados en las tablas; la fig. 981 representa un pasador, visto por el lado de las muescas.

La fig. 982 es el perfil de un arco cuyos pasadores son dobles y establecidos en cada junta.

La fig. 983 es una seccion segun la línea *p q*; las muescas hechas á media madera en los pasadores son á enrasamiento, de

modo que las tablas se mantengan bien apretadas unas con otras.

La fig. 984 es el tercer perfil de la misma construccion, en el cual los espacios entre los pasadores del intrados están ocupados por tablas delgadas, para formar junto con aquéllos un revestimiento en forma de bóveda.

La fig. 985 representa dos secciones, la una *a*, segun la línea *m n* de la fig. 984, que representa los pasadores *b b*, entallados á enrasamiento y retenidos por tornillos; la otra *b*, segun la línea *p q*, correspondiente á los pasadores *d d*, entallados igualmente á enrasamiento, y retenidos á ambos lados de los arcos por pernos.

La fig. 986 representa uno de los pasadores visto por el lado de sus entalladuras ó muescas.

La fig. 987 es el perfil de un arco sin pasadores, en el cual las tablas están aplicadas unas sobre otras, van empalmadas, y están unidas por tornillos de tuerca; en este caso, se supone que tanto los revestimientos exteriores como los interiores bastan para mantener los arcos en sus verdaderas posiciones.

La fig. 988 representa la seccion de los dos arcos, segun la línea *x y*.

En las figs. 989 y 990, de las cuales la una es el perfil y la otra una seccion segun *m n*, los pasadores cuadrados se han sustituido por cilindros, cuya disposicion presenta la ventaja de poder ejecutar los agujeros con mucha mayor rapidez que si fuesen cuadrados.

La fig. 991 es un perfil de un arco formado por tablas *a*, combinado ó ligado á otro arco ó á una cubierta por las gemelas *b*. Estas gemelas que cubren las juntas de las tablas están fijas en el arco por medio de pasadores que atraviesan tanto á éstos como á aquél, pudiendo ser sencillos como el *c* ó dobles como el *d*; en ambos casos la presion se ejecuta por medio de llaves ó cuñas de madera.

La fig. 992 es una seccion segun la línea *u v*.

La fig. 993 es otra seccion segun la línea *u' v'*.

Las figs. 994 y 995 representan combinaciones para formar con las tablas arcos y pasadores ensamblados solamente por muescas sin caja alguna, escepto las destinadas á las llaves ó cuñas para oprimir las distintas partes de este tipo de construccion.

La fig. 994 presenta dos disposiciones para formar bóvedas cilíndricas. En A, las tablas están combinadas sin muescas, los arcos están formados por dos tablas *a*, separadas una de otra por trozos de tabla *b b*, entre las cuales pasan las cuñas *c c*, una en la parte exterior y otra en la parte interior del arco. Estas tablas están retenidas y apretadas por dobles llaves cuadradas, que al atravesar las unas se cruzan con las otras en la parte exterior del ensamble.

En B, es menor el número de llaves, puesto que las tablillas normales *b* y las cuñas *c* están entalladas, de modo que bastan sólo cuatro llaves *d d* para mantener el ensamble. Los arcos, formados por piezas gemelas, se distribuyen de metro en metro á lo largo del edificio, y las cuñas ó pasadores se reparten igualmente de metro en metro en el desarrollo de la curva.

En la fig. 995, la combinacion se hace en sentido inverso, es decir, que cada arco está formado por dos tablas *a a* curvadas, planas y separadas por pasadores *b d*, comprendidos entre planos que se dirigen al centro; estos pasadores están separados por tablas *c c* en forma de claves.

En A, las llaves dobles juntan los ensambles atravesando unas tablas y cruzando otras.

En B, las tablas entalladas permiten disminuir el número de llaves, reducidas á cuatro, que atraviesan los arcos y cruzan los pasadores.

CAPÍTULO XXVIII

SISTEMA DE M. LACASSE

Con este sistema, Lacasse forma cubiertas curvas empleando maderas de 0'135^{m} á 0'190^{m} de grueso, partidas en dos y ensambladas á rayo de Júpiter. Estas curvas, formando arcos góticos, están unidas por cadenas y apoyos, y segun Rondelet, el conjunto constituye un sistema con todas las ventajas del de Filiberto Delorme y con menos gasto.

La fig. 996 representa la seccion de una cubierta construida segun este sistema, y la figura 997 es esa proyeccion horizontal.

La altura de la cubierta es igual á la mitad de su ancho y su forma es ojival; la flecha de cada arco de ojiva es la séptima parte de su cuerda; así, *de* es el séptimo de *ab*. Los centros de los arcos están en los puntos *m* y *n*.

Las curvas principales están espaciadas de 0'812^{m} y están ligadas por cadenas entalladas á media madera, colocadas á 1'624^{m} unas de otras sobre el desarrollo de las curvas. Los intérvalos entre estas curvas y las cadenas ó refuerzos están cortados ó divididos por travesaños y falsas curvas que sostienen el enlatado exterior de la cobija y el enlatado interior de sostenimiento del techo. Los travesaños ensamblan á espiga cuadrada en las curvas principales, y las falsas curvas ensamblan por medio de entalladuras ó muescas.

La fig. 998 es el detalle de una parte de curva visto como el de la fig. 996.

La fig. 999 es una proyeccion de la curva vista de canto.

La fig. 1000 presenta dos proyecciones de una pieza de las falsas curvas.

La fig. 1001 presenta dos proyecciones de una cadena ó refuerzo.

En estas cuatro figuras las longitudes están trazadas segun la escala de la fig. 996, pero la de los anchos es doble.

Las curvas tienen 0'315^{m} por 0'032^{m}.

A pesar de la solidez que Rondelet atribuye á esta clase de entramados, dista mucho de poderse comparar con la del sistema de Filiberto.

Las curvas del sistema Lacasse son muy

estrechas, están empalmadas á hilo y su flexibilidad es mucha; mientras que la estabilidad de los arcos de 0'216^{m} de ancho, del sistema de Fíliberto, es perfecta.

Las cadenas ó refuerzos del sistema de Filiberto que atraviesan á los arcos, no les debilita de ningun modo; por el contrario, en el sistema Lacasse, las muescas á media madera de los ensambles y de los rayos de Júpiter reducen á la mitad el ancho y resistencia de las curvas.

En cuanto á economia, el volúmen de las maderas empleadas en las curvas del sistema Lacasse es evidentemente igual al empleado en el sistema de Filiberto, puesto que, si bien las curvas del primer sistema son $^{3}/_{8}$ menos anchas que los arcos de Filiberto, están en cambio más apretadas en la misma relacion; luego el volúmen de la madera para las curvas es el mismo. Con relacion á los refuerzos, este volúmen es mayor. El número de estas piezas es el mismo en ambos sistemas, sólo que en el de Lacasse son más anchas. En cuanto á los ensambles, son los mismos en los dos sistemas. Los únicos casos en que puede prestar utilidad el sistema de Lacasse, es cuando no pueda disponerse de tablas ni de madera de grande escuadria y se tenga solamente viguetas.

La regla que da Rondelet para determinar el grueso y el ancho de las curvas del sistema Lacasse es la siguiente: El grueso debe tener tantas líneas como piés tenga de abertura, y el ancho debe ser el doble de la dimension hallada. Así pues, para una cubierta de 30 piés ó 9'75^{m}, el grueso de las curvas debe ser de 30 líneas ó 0'068^{m}, y su ancho de 60 líneas ó 0'136^{m}.

Rondelet observa con mucha razon que esta clase de cubiertas tendrian mucha mayor solidez si el ancho de las curvas determinado de este modo se aplicase tan sólo á la parte media de su longitud reduciéndole hasta cuatro pulgadas ó 0'11^{m} en la parte alta, y á 10 pulgadas ó 0'29^{m} en el arranque como representa la fig. 1002. Ciertamente que con esto se aumentaria el consumo de madera, pero en cambio seria de mayor utilidad.

CAPÍTULO XXIX

ENTRAMADOS DE MADERAS PLANAS

En los entramados de maderas planas las maderas se colocan de canto, es decir, que de las dos dimensiones de su escuadria, la mayor es la que se pone verticalmente.

Esta clase de construcciones, ciertamente muy ligeras, se emplean en particular en obras que no deban ser permanentes.

La fig. 1003 representa un cuchillo con tirante de una gran ligereza y economia.

La fig. 1004 representa otro ejemplo de este sistema, en el cual en vez de una péndola sencilla en cada lado, se colocan dos que dividen la longitud del tirante en cinco partes iguales, sin contar el punto ocupado por el pendolon. Las piezas tienen 0'081^{m} de grueso por 0'325^{m} á 0'406^{m} de ancho; los cuchillos están separados de 1'95^{m} de eje á eje.

La fig. 1005 es una proyeccion, por el plano de la cubierta, del ensamble de las correas con los pares.

La fig. 1006 es la proyeccion del mismo ensamble en un plano perpendicular cuya traza es la línea *cd* de la figura 1004.

La fig. 1007 es una proyeccion horizontal del ensamble de las cadenas con el puente.

La fig. 1008 es una proyeccion del mismo ensamble en un plano vertical perpendicular á los de las proyecciones (figs. 1004 y 1007) y cuya traza es la línea *ef* (fig. 1004).

La fig. 1009 es la proyeccion de las gemelas por un corte perpendicular al plano de la proyeccion principal, y cuya traza es la línea *h k* (fig. 1004).

Esta forma de cuchillo es la que se ha empleado en el tinglado de las Mensajerias de Paris.

A este sistema corresponden tambien los cuchillos del Palacio de la Industria de la Esposicion Universal de Barcelona y los del tinglado de embalajes de la misma, esplicados ya en las págs. 210 y 211.

La fig. 1010 representa un cuchillo sobre arco de medio punto para un edificio destinado á hiladura. A la ligereza y economia de esta construccion se añade la ventaja de poder alcanzar toda la altura posible, y por lo mismo dar más desahogo á la sala.

La fig. 1011 es otro ejemplo en el cual se evitan los empujes por medio de la cruz de san Andrés.

La fig. 1012 es un cuchillo del mismo sistema para un tiro de mayor estension, en el cual se suprime el tirante. La modificacion que podria recibir este cuchillo seria la supresion de los tornapuntas *m* y de los pié-derechos *n*, en cuyo caso las soleras deberian descansar directamente en los muros.

La fig. 1013 es el fragmento del dibujo de un cuchillo de la misma clase, en el cual se da al tornapunta *m* mucha mayor extension á causa de descansar la cubierta sobre pilares de madera y no sobre muros, dándose así mayor estabilidad á éstos.

La cubierta de la antigua sala de Juntas del Cuerpo legislativo (Consejo de los Quinientos), en el palacio Borbon, en Paris, construido en 1797, es una de las construcciones de madera en piezas planas de mayor estension que se haya ejecutado.

La fig. 1014 es la planta general de la sala semicircular.

La fig. 1015 es una seccion por la línea *a b* de la planta, en la cual se ve el perfil del entramado, asentado en un techo sostenido por las columnas de una galeria semícircular concéntrica á la sala.

La fig 1016 es el perfil de uno de los 22 cuchillos que constituyen esta cubierta, comprendiendo los que apoyan en el muro, sostenidos por el gran arco.

La fig. 1017 es un fragmento de la planta, que indica la distribucion de los pié-derechos y el arranque de los cuchillos.

La fig. 1018 es la proyeccion horizontal de dos cuchillos *f*, *g*, para que se vean sus ligados por medio de los refuerzos *m*, *m'*, *m*, y sus ensambles en los pendolones *k*.

La fig. 1019 representa las cruces de san Andrés que ensamblan en las gemelas *h* para que se mantengan en su posicion. Estas cruces de san Andrés están proyectadas en las caras desarrolladas de una pirámide inscríta en un cono cuya superficie cónica tiene por generatriz la línea *x y*, y por eje, á la vertical que pasa por el centro de la sala.

La fig. 1020 es un fragmento del desarrollo de la superficie cilíndrica de la linterna de la bóveda, en donde se proyectan los pendolones *k*, asi como tambien las cumbreras *u*, las sopandas circulares *v* y las cruces de san Andrés *x*, que consolidan este ensamble.

La fig. 1021 es uno de los pares *f* ó *g*, visto por una de sus caras.

La fig. 1022 es una cadena ó refuerzo *m'* vista por una de sus caras.

Esta cubierta estaba cobijada por pizarras fijas en un tablado puesto de modo que el perfil de las maderas sigan la pendiente. El interior presenta una zona semicircular de una superficie esférica.

Ciertamente que esta cubierta era muy ligera y elegante, pero á causa de no existir circulacion de aire entre el tablado y el techo, las maderas contenidas en este espacio estaban expuestas á pudrirse por efecto del agua que pudiese introducirse.

CAPÍTULO XXX

ARCOS FORMADOS POR TABLAS COLOCADAS DE PLANO.—SISTEMA EMY

Ya se ha hecho observar antes que, á pesar del mérito de la invencion de Filiberto Delorme y de la elegancia de las cubiertas construidas segun este sistema, siempre que sea posible disponer de grandes piezas de madera y emplearlas en toda su longitud, bajo el punto de vista de la economía, sean preferibles en esta forma que no tal como las emplea Filiberto.

La ejecucion del sistema de Emy no presenta ninguna dificultad, siendo su mano de obra mas fácil que la del sistema de semicírculos de tablas. En el de Emy todas las piezas son rectas; todos los ensambles están hechos por muescas, sin ninguna caja ni espiga, escepto en la cumbrera, que es como en los demás sistemas. Los procedimientos de construccion y de alzado son sencillísimos.

Emy pone la tabla entera puesta de plano, la cual por su naturaleza es recta; pero como hay medios para encorvarla tanto como se desee, las encorva segun la curvatura que convenga, reune las que sean necesarias segun la carga que deba recibir el arco, tratándolas bien entre sí, con lo cual constituye una armadura muy sólida.

Emy coge la tabla, la arquea, pone encima de ella otro grueso, y otro y otro, todos ellos en la misma disposicion, poniendo unos á continuacion de otros, si no alcanzan las dimensiones que ha de tener la bóveda, y procurando que estas uniones sean alternadas. Hecho esto, pone de distancia en distancia diversos pasadores que cojan á todas las tablas, y alternando con estos unos pinchos de hierro, para que todas las tablas trabajen unidas.

Las combinaciones de este sistema pueden variar al infinito con relacion al número, la forma y la longitud de los arcos, cuya fuerza puede aumentarse segun las necesidades, sin que por ello cambie el sistema, ni perjudique á la elegancia de la construccion, bastando para ello añadir tablas segun las necesidades.

Uno de los ejemplos de este sistema está representado en la fig. 1023, cuya armadura está compuesta de un arco de medio pun-

, de dos tornapuntas verticales, de dos res, de dos piezas de refuerzo y de un ente formado por dos piezas gemelas tan- ntes al arco. El conjunto está ligado por melas normales al arco. El espacio entre piso y el arco es libre. El arco es la pieza incipal de la armadura, y en su construc- on estriban la fuerza y demás ventajas del stema.

Los arcos de Filiberto Delorme están for- ados por tres gruesos, á lo menos, de ta- as de 12 á 13 decímetros de largo puestas punta y de canto; los arcos de Emy, por contrario, resultan de tablones largos y elgados puestos de plano unos sobre otros encorvados en forma de semicírculo.

Las gemelas normales están entalladas, así omo las caras planas de los arcos, á un cen- metro de profundidad, de modo que forman nsambles de dos centímetros, con el doble bjeto de mantener los arcos bien apretados impedir el resbalamiento de las tablas.

Los detalles de construccion de esta ar- nadura están representados por las figu- as 1024, 1025, 1026, 1027 y 1028.

Los tornapuntas están separados 10 centí- netros de los muros, pero las tres primeras gemelas de cada lado se prolongan más allá le los tornapuntas y penetran 20 centíme- ros en unos huecos practicados en la obra le fábrica, con cuya disposicion se utiliza la esistencia de los muros, puesto que el en- ramado no ejerce ningun empuje sobre ellos; su objeto es únicamente mantener los cuchi- llos verticalmente é impedir cualquier movi- miento en sentido de la longitud de edificio.

Entre las gemelas normales al arco se en- cuentran unos refuerzos de hierro y pernos que afianzan las tablas unas con otras é im- piden su resbalamiento. Estos pernos están espaciados de 0'80m. Se comprende perfec- tamente que con estas piezas gemelas, con los refuerzos y con los pernos, es imposible que las tablas puedan adquirir su posicion natural recta; tanto es así, que en un arco de cinco tablas y de 20 metros de abertura, el desarrollo del extrados tiene 60 centí- metros de más que el del intrados, y por lo tanto la posicion recta es imposible.

Las tablas que entran en la composicion de un arco de este sistema tienen 55 milí- metros de grueso, 13 centímetros de ancho y 12 á 13 metros de largo. Dos tablones y medio puestos de punta bastan para el des- arrollo del arco. Las juntas se distribuyen de modo que las de una hilada no coincidan con las de las otras y que estén cubiertas por las gemelas normales.

El número máximo de juntas que puede tener un arco es de tres, de modo que en conjunto sólo debe haber de diez á doce de estas juntas.

Todas las piezas de los cuchillos tienen 13 centímetros de grueso como el arco y los pares, escepto los tornapuntas cuyo grueso es de 20 centímetros.

La distancia entre cuchillos es de 3 me- tros tomados de eje á eje, y consolidada por medio de los travesaños gemelos horizontales que retienen á las normales por medio de la cumbrera, por las gemelas de debajo de ésta y por las correas.

La fig. 1029 representa la seccion longi- tudinal de uno de los muros de fachada y de un cuchillo.

Los esperimentos hechos por Emy para conocer la resistencia de los arcos le han de- mostrado que la resistencia no es la misma en todos los puntos, por cuyo motivo es preciso reforzarles en ciertas partes por me- dio de tablas suplementarias para que haya equilibrio con la carga de la cubierta. A este fin ha establecido el cuadro siguiente:

Del arranque á la gemela normal n.º 1.	7 tablas	0'385m	ancho.
De la gemela n.º 1 al refuerzo colocado entre las gemelas n.º 6 y 7. . .	8 »	0'440m	»
Del mismo refuerzo á la gemela n.º 9.	6 »	0'330m	»
Entre las gemelas n.º 9 cercanas al pendolon. . .	5 »	0'275m	»

habiendo añadido además unos refuerzos á los tornapuntas y dobles pares convenientemente entallados en los espacios convenientes.

El cuchillo representado por la fig. 1030 sólo se diferencia del anterior, en que los arcos tienen un grueso uniforme de cinco tablas en todo su desarrollo; y para darles un aspecto más ligero y poderles aislar, en lugar de ser los contrafuertes tangentes al arco, están algun tanto separados. Esta figura representa una seccion transversal del edificio.

El diámetro del intrados de los arcos es de 20'925^{m}, siendo el radio medio de 10'60^{m}; por consiguiente, los arcos son un poco mayores que los del entramado del tinglado anterior. La distancia entre cuchillos es de 3'20^{m}.

En lugar de estar compuesta la cubierta de correas y cuerdas, sólo está formada por correas que reciben inmediatamente las tablas puestas en sentido de la pendiente. Esta disposicion tiene la ventaja de emplear menos madera, puesto que la posicion inclinada que tienen las tablas permite que soporten mayor carga, y por lo tanto las correas pueden separarse más unas de otras que si fuesen cuerdas; y como, además, estas correas soportan menor peso, se les pueden dar escuadrias menores. Sin embargo, en las cubiertas de pizarra no es posible adoptar este sistema, por cuanto, variando el ancho de las tablas por efecto de la humedad, romperia las pizarras por los puntos de sujecion.

Comparacion entre el sistema de Emy y los demás sistemas de cubiertas. Si en el tinglado de la fig. 1030 se siguiese el sistema de Filiberto Delorme, para sostener 3'20^{m} de cubierta se necesitarian cuatro arcos de 3 tablas y á lo menos uno de cuatro tablas; de modo que esta porcion de bóveda requeriria 416 trozos de tablas y 400 juntas, sin comprender las de los refuerzos y las llaves, mucho más numerosas y complicadas. Así pues, el sistema de Filiberto exige un número mucho más considerable de piezas y de juntas que el de Emy, puesto que, como ya se ha podido observar, un arco de Emy, correspondiente al mismo espacio cubierto, sólo consta de 15 piezas y de 12 juntas á lo más.

Los arcos de Filiberto Delorme dan mucha mayor cantidad de merma, bien sea á causa de la inclinacion de las juntas que deben cortarse en direccion al centro, ó bien por tener que reducir las tablas á la longitud necesaria, ó por tener que cortar las partes defectuosas de la madera, mientras que las tablas que emplea Emy se labran sin pérdida de madera, empleando piezas tan largas y gruesas como convenga.

En el sistema de Filiberto, cada junta corta el hilo de la madera de 12 en 12 centímetros, en toda la longitud de una hilada de tablas, ocupando á lo menos el tercio y á veces la mitad ó los dos tercios del grueso del arco.

En los arcos de Emy las juntas están separadas de unos 3 metros unas de otras, y ocupan á lo más el quinto del ancho de dichos arcos, conservando siempre las cuatro quintas partes de su escuadria á toda madera y á hilo, sin comprender, en el tinglado de la fig. 1023, las tablas suplementarias que, en la parte que ocupan, las juntas sólo tienen el octavo del grueso del arco.

De esto se deduce que en los arcos de Filiberto Delorme, la suma de las superficies de las juntas equivale á 20 veces la superficie de la escuadria de un arco, y en el sistema de Emy la suma de las juntas no pasa del doble de la escuadria de un arco.

Luego la extraordinaria fuerza ó resistencia del sistema de Emy se debe á la gran diferencia que existe en el número, la especie y la distribucion de las juntas, y á la gran ventaja de conservar la madera todo su hilo en todo el desarrollo de los arcos; todo lo cual permite dar una gran ligereza á

los cuchillos y poderlos espaciar de 3 metros, mientras que en el sistema de Filiberto el espaciado máximo de los arcos sólo alcanza á 0'70^{m}.

CUBIERTAS.	DIMENSIONES INTERIORES DE LOS EDIFICIOS.			N.° de cuchillos.	Distancia entre cuchillos.	CUBOS.				CARGAS.	
	longitud.	latitud.	superficie.			De un cuchillo.	De todos los cuchillos para cada cubierta.	De las soleras y de las cobijas.	Totales de las cubiertas.	Por cuchillo.	Por metro lineal de par.
	metros.	metros.	metros.		metros.	met. c.	met. c.	met. c.	met. c.	kil.	kil.
Fig. 1023.. .	57	20	1,140	18	3	5'613	101'034	64'324	165'358	8,800	400
Fig. 1030.. .	48	21	1,008	14	5'20	5'495	76'930	48'500	125'430	3,775	417'86
Sistema de Filiberto Delorme. .	57	20	1,140	82	0'70	2'740	224'684	8'625	233'399	1,555	67'60
Cubierta ordinaria. . .	57	20	1,140	13	4'071	9'223	119'899	73'104	192'903	12,535	397

De este cuadro resulta:

1.° Que el cubo de la cubierta (fig. 1030) es menor que el de la cubierta (fig. 1028), á causa de que el espesor de los muros (figura 1030) permite prescindir de los empujes del entramado y darle, por lo tanto, más ligereza de construccion, mientras que no debiendo el cuchillo (fig. 1023) ejercer ningun empuje en los muros, debe destruirse completamente éste dando mayor resistencia á los arcos, lo cual por otra parte produce mayor economia en la obra de fábrica.

2.° Que los cubos de estos dos entramados son menores que cada uno de los cubos de los demás entramados que se comparan.

3.° Que de estos dos últimos entramados, el último es el que da el cubo menor y que el sistema de Filiberto Delorme es el que da el mayor.

Emy ha calculado que el tiro de 14 metros es el límite en el cual el coste de una cubierta ordinaria y el de su sistema es el mismo; que para tiros menores es más económico el sistema ordinario, y que para tiros mayores de 14 metros la economia está de parte de su sistema.

PROYECTO DE UNA CUBIERTA DE 40 METROS DE TIRO Ó ESTENSION. La dificultad de combinar entramados de una gran estensíon ha obligado á reducir algunas veces el ancho de los edificios; no obstante, no ha sido esto óbice para que los constructores del Norte hayan dejado de intentar su ejecucion; prueba de ello la sala de Darmstadt que tiene 42,63^{m} de ancho; la de Moscou de 45'71^{m}, cuyos cuchillos son los mayores que existen. Con todo no se les puede considerar como soluciones que resuelvan completamente el problema, por haber dado lugar á un consumo considerable de madera y haberse roto algunos de sus tirantes.

El método de Filiberto Delorme permite la construccion de cubiertas muy grandes; ejemplo de ello, la cúpula del mercado de los granos en Paris, que tenia 39'266^{m} de diámetro, la cual si bien daba solucion á esta dificultad, pero era para el caso más favorable, en atencion á que por efecto de la misma esfericidad de la cubierta, los refuerzos y los revestimientos del intrados y del extrados formaban anillos horizontales que destruian los empujes, todo lo cual permitió dar á las tablas un ancho y un grueso mucho menor.

No sucede lo mismo si la cubierta es ci-

líndrica, puesto que á pesar de estar sus arcos formados con tablas, tienen igual empuje que los de una bóveda, y por lo tanto requieren tirantes ó muros capaces de resistirles; por otra parte, el tiro de los arcos está en cierto modo limitado por los anchos y el número de tablas que pueden emplearse en su construccion.

Filiberto Delorme ha indicado como tipo máximo arcos de 150 piés ó unos 49 metros de diámetro, para una cubierta en forma de cúpula. Las dimensiones de las tablas sólo las ha determinado para la forma cilíndrica de 108 piés ó 35'08^{m}, dándoles 0'054^{m} de grueso, 0'487^{m} de ancho y 1'299^{m} de largo.

Los arcos de Emuy son los que resuelven completamente la dificultad de que se trata, por podérseles componer del número de tablas que se desee, labrarlas al ancho y grueso que convenga, y por consiguiente, dar á los arcos la escuadria y extension que exija el ancho del edificio.

La fig. 1031 es un ejemplo de ello, en cuyo modelo los cuchillos están compuestos de dos arcos. El arco interior, en vez de ser un semicírculo, es una curva de tres centros rebajada con el fin de disminuir la altura de la cubierta y favorecer el empleo de la rigidez del arco en las partes descritas con el radio menor, para destruir el empuje en los arranques.

El arco exterior está trazado con el mismo centro del arco mayor del intrados. Estos dos arcos están unidos por gemelas normales á dicho intrados en un desarrollo de 30 grados á ambos lados del pendolon, separándose más allá para formar apoyo é impedir las vibraciones que infaliblemente ocurririan en las bases del cuchillo, si constase de un arco solamente, por más resistente que fuese.

En vez de un arco de tres centros, para el arco interior, podria emplearse una elipse cuya curva es mucho más elegante.

Las correas apoyan en el extrados del arco exterior, escepto en la cumbrera, en donde están sostenidas por pares rectos. La escuadria de las cuerdas puede ser menor que si estuviesen en cubierta plana, por adquirir mayor fuerza á causa de su curvatura.

Los travesaños gemelos que se colocan entre cuchillos, mantienen á éstos en posicion vertical, dándoles 5 metros para cubiertas de pizarra y 6 metros para cubiertas de plancha de cobre.

Los arranques están fijos en piezas gemelas horizontales que apoyan en pie-derechos ó contrafuertes, unidos por muros de obra de fábrica para formar un espacio cerrado.

La fig. 1032 es la planta de uno de los lados del edificio en la cual se ve la disposicion de los muros y de los pilares.

Las líneas de puntos del perfil se refieren al caso en que falte espacio para los contrafuertes. Entonces el arco exterior ensambla en un tornapunta algo inclinado, y el muro único que sustituye á los contrafuertes se eleva hasta encontrar la canal de la cubierta.

Proyecto de una cubierta de 100 metros de tiro. La fig. 1033 representa este ejemplo, cuyo cuchillo está compuesto de dos arcos completos y de dos porciones de arco intermediarios. Si el tiro fuese mayor, deberia ser mayor tambien el número de arcos, los cuales están siempre más aproximados en la cumbrera que en los arranques para no sobrecargar mucho el vértice de la cubierta. Entre las gemelas normales al arco se colocan escuadras para reforzar más el conjunto.

Los arranques están retenidos por piezas gemelas horizontales que descansan en contrafuertes, como en el caso anterior.

La fig. 1034 es una porcion de la planta de los contrafuertes.

Tambien pueden suprimirse las piezas gemelas horizontales, principiando el arranque de los arcos en las primeras normales enteras, estableciendo los refuerzos de obra de fábrica ó pilares en talud, lo cual disminuye mucho la extension de los contrafuertes.

Igualmente se pueden ensamblar los arcos de los tornapuntas indicados por líneas de puntos. A la derecha está indicada otra disposicion en la cual los arcos forman una ojiva muy rebajada, desempeñando las funciones de pares.

APLICACION DE ESTE SISTEMA Á LAS CÚPULAS. La fig. 1035 es una seccion por un plano vertical segun la línea *d f* de la figura 1036, que representa la combinacion de un arco y de sus pasadores. Estos se componen de la reunion de varias latas, unidas por refuerzos de hierro, como los arcos.

La fig. 1036 es una seccion horizontal de una parte de la cúpula segun la línea *a b* de la fig. 1035.

La fig. 1037 es, como la fig. 1035, una seccion segun la línea *d f* para que puedan verse aisladamente los pasadores.

CUBIERTAS DE POCA ESTENSION. La figura 1038 representa un cuchillo en el cual las correas *a* apoyan en cadenas *b* ensambladas en los pases rectos *g* formados por dos tablas gemelas. Las cuerdas se sustituyen por tablas *r* encorvadas planas, sobre las cuales va el enlatado que recibe la cobija de plancha de zinc. Los centros de los arcos están en *p* y *q*.

Las tablas correspondientes á los cuchillos están formadas por dos piezas en su ancho, y están mantenidas por las piezas *x* é *y* muy usadas en la carpinteria naval. A falta de estas curvas, las tablas *r* pueden ensamblarse en el pendolon sosteniéndolas por medio de los tornapuntas *z*.

Si el ancho del edificio no es muy grande se pueden suprimir los pares y las correas, bastando las tablas curvas de pendiente ensambladas por medio de las piezas *x*, *y*, en cuyo caso el pendolon y la cumbrera son los que constituyen el entramado de la cubierta; en los intérvalos, las cuerdas están sostenidas por el enlatado.

La fig. 1039 represnta un cuchillo rebajado, formado por tablas y tablones curvados igualmente y colocados de plano. El puente *e* está compuesto de dos tablas gemelas que aprisionan á los tornapuntas *b* colocados perpendicularmente á la curvatura de la cubierta, y que conservan la forma circular al arco formado por la tabla *d* que sostiene á las correas.

La fig. 1040 es la seccion de un cuchillo por la línea *m n* de la fig. 1039.

La fig. 1041 es una seccion segun la línea *p q* de la misma (fig. 1039).

Estas dos clases de cubiertas son las que se emplean para cubrir las embarcaciones destinadas á taller, para las varias profesiones que forzosamente deben ejercerse sobre el agua.

ENTRAMADO INGLÉS BASADO EN EL SISTEMA DE TABLAS CURVAS COLOCADAS DE PLANO. La figura 1042 representa un cuchillo de 11'70^{m} de estension con tirante, en el cual las piezas que forman los arcos de una ojiva y que ensamblan en un pendolon, están aserrados á lo largo formando tres gruesos de tablas, escepto en la extremidad que ensambla con el tirante.

M. Morisot supone que estas piezas se han reblandecido por medio del vapor para poderlas curvar, siendo así que no hay necesidad de ello, bastando la sola flexibilidad del abeto para conseguirlo.

Este método tiene el defecto de ocasionar una contraccion en las fibras de la madera en los puntos límites del paso de la sierra, en *m*, *n* (fig. 1045); y una vez apretadas por medio de pernos, resultan unos espacios huecos (fig. 1043), muy perjudiciales á la estabilidad de la cubierta.

Emy aconseja que, de seguir este sistema, se corte completamente la tabla central hasta el punto mismo del macizo, reemplazándola por otra cuyo grueso sea igual al hueco que queda entre tablas, tal como lo representa la fig. 1044.

CAPÍTULO XXXI

SISTEMA DE M. LAVES.

Este sistema tiene por objeto la economía en la madera y la ligereza de las construcciones, empleando únicamente para sus partes principales, piezas armadas por un procedimiento muy sencillo que aumenta su rigidez.

La fig. 1046 representa una pieza de madera dispuesta segun el procedimiento de M. Laves, colocada sobre las soleras A, B, que la soportan como si fuese una viga armada.

Esta pieza está hendida á sierra longitudinalmente desde el punto *e* al punto *d*, en donde, á fuerza de cuñas, se van separando los dos lados hasta que alcancen una distancia igual á una vez y media el grueso total de la pieza, y entonces se interpone un madero *h* en su punto medio. Las dos piezas *y v* se colocan á una distancia igual á la cuarta parte de la longitud de la hendidura, y su altura se determina por la distancia de los dos costados de la viga.

En las extremidades de la hendidura se coloca un perno para impedir que la pieza se abra.

El costado superior resiste al esfuerzo de contraccion de las fibras, y el inferior *z* resiste al esfuerzo de traccion. M. Laves da un poco más de grueso al costado superior que al inferior, por suponer que el eje *neutro* en una pieza próxima á romperse, está más próximo de la superficie inferior que de la superior.

Esta disposicion presenta el efecto de una verdadera armadura, que se aplica á la construccion de los techos de edificios ó de puentes, en los cuales siempre que la distancia de los puntos de apoyo sea muy considerable y no baste una sola pieza, se pondrán dos colocadas de punta.

La fig. 1047 es una aplicacion de este sistema al cuchillo de una cubierta, por haberse supuesto que su tiro es tan considerable que no basta una pieza para formar el tirante.

En la fig. 1048 se aplica este sistema á

los pares de un cuchillo, reemplazándose los virotillos por las correas de la cubierta que atraviesa el espacio entre los costados de la pieza, lo cual no impide que soporten, como en los demás sistemas, á las cuerdas que en cada pendiente enrasan con la parte convexa del par.

En este cuchillo, el tirante apoya en las vigas ordinarias del techo, formando una pieza recta cuya escuadria sea suficiente para resistir el empuje de la cubierta.

La fig. 1049 es un cuchillo de un edificio muy ancho, de modo que el tirante deberá estar formado por dos piezas. Los costados superiores están empalmados de punta por simples entalladuras, y los inferiores están unidos por dos piezas longitudinales con redientes y por pernos. Los virotillos se reemplazan por gemelas verticales, de las cuales dos de ellas forman pendolon que soporta la cumbrera y otras dos soportan á las correas.

Si la madera de que se disponga no tiene el espesor suficiente para poderla hender, se sustituirá la parte entera de las extremidades por un ensamble de redientes con llaves y refuerzos de hierro, como indica la figura 1050.

Este sistema se aplica igualmente á piéderechos verticales, en cuyo caso, si el piéderecho *a* (fig. 1051) es de seccion cuadrada *c*, se le hiende en cuatro partes en forma de cruz, colocando en el centro un cubillo de madera, y reforzando el todo con una abrazadera de hierro.

Si el pié-derecho es cilíndrico, se le henderá solamente en tres partes, cuya disposicion está representada en *a'*, *b'*, *c'*.

M. Laves aplica tambien este sistema á la construccion de andamiajes y escaleras de una gran longitud.

Los esperimentos practicados por M. Laves prueban que la rigidez de las vigas dispuestas segun su sistema, es muy superior á la de las vigas de igual escuadria en su estado natural, como lo demuestra el haber sometido á ensayo cuatro piezas de abeto de 13 metros de largo por 0'256^m de grueso y 0'242^m de ancho, de las cuales una de ellas se encontraba en estado natural, y las otras estaban labradas segun su sistema.

En estas últimas el hueco interior tenia:

En la primera, la mitad del grueso de la pieza;

En la segunda, era igual á su espesor;

En la tercera, vez y media su grueso.

El costado superior tenia 0'142^m y el inferior solamente 0'108^m; así pues, los espesores de estos costados se hallaban en la relacion de 21 : 16.

Las cuatro piezas se cargaron sucesivamente por adiciones de 50 kilos hasta llegar á 850 kilos, habiendo dado los movimientos siguientes:

La viga sin hender bajó en su punto medio de.	0'148^m
La primera viga hendida bajó de.	0'094^m
La segunda de.	0'067^m
La tercera de..	0'040^m

De esto se deduce que, á igualdad de carga, la flexion ha sido mucho menor en las vigas hendidas, y de éstas, la más resistente ha sido la más abierta.

No satisfecho aun con esto M. Laves, practicó un segundo experimento cargando á una viga de 16'80^m de largo sin hender, con pesos distintos, dándole los resultados siguientes:

Bajo un peso de	75	kilos la flexion fué de		0'040^m
»	150	»	»	0'067^m
»	250	»	»	0'129^m

mientras que una viga hendida, de igual longitud que la primera, formada por dos piezas ensambladas, como las representadas por las figs. 1049 y 1047, bajó de:

0'040^m	con una carga de	600	kilos.
0'067^m	»	888	»

Las figs. 1052, 1053 y 1054 represen-

tan una viga armada del sistema de M. Laspier, que consta de tres piezas de igual longitud, atravesadas por un perno colocado en cada uno de sus extremos. Por medio de una mecha inglesa provista de una guia cilíndrica, que se coloca en la parte delantera y de igual diámetro que el de los pernos, se taladran de 3 á 4 centímetros en cada cara interior, en cuyos agujeros se colocan unos tacos de madera dura. Se atornillan luego las piezas, y por consiguiente cada perno atraviesa los tres gruesos de la pieza hendida y al mismo tiempo los tacos. Dispuesto todo de esta manera, se toma un *sergent* de hierro con tornillo que se coloca de modo que obligue á las piezas á encorvarse en sentido contrario. La pieza intermediaria, más débil por sí sola que las otras dos reunidas, toma una curvatura mayor que la de éstas, y cuando ha llegado á un punto tal que forme un resalto igual á cerca del tercio de su ancho, entonces se atornillan las tres piezas juntas y queda formada la armadura.

La fig. 1053 representa una seccion segun la línea *x y* de una de las extremidades de la pieza armada (fig. 1052).

La fig. 1054 es una seccion segun la línea *m n*.

El procedimiento de Laves se puede combinar con el de Lasnier para formar una viga armada, representada por las figuras 1055, 1056 y 1057.

La viga *a b* (fig. 1055) está hendida en sentido de su longitud por dos pasos de sierra verticales de *c* á *d*, de modo que el grueso horizontal de la pieza está dividido en tres partes en la relacion de 2, 3, 2, de las cuales la mayor está en el centro. En los puntos *e*, *q*, se encuentran fuertemente apretadas por abrazaderas y tornillos que ejercen presion por encima y por debajo sobre piezas de hierro, para impedir los movimientos de la madera é impedir la torsion de sus fibras.

Hecho esto, se hace que las partes aserradas se curven un poco por medio de las cuñas *x* é *y*, de modo que las de los lados lo verifiquen hácia arriba y la intermediaria hácia abajo.

La fig. 1056 es una seccion vertical por la línea *p q* del centro de la pieza, y la figura 1057 es una seccion por la línea *v z* de una de sus extremidades.

Esta disposicion tiene la ventaja de ocupar poco grueso, y tiene sobre el sistema de Laves, la ventaja de que desaparezca el temor de una desunion en los puntos *e*, *d*, puesto que los pasos de sierra están en sentido vertical.

CAPÍTULO XXXII

VARIOS SISTEMAS DE CONSTRUCCION DE CUBIERTAS DE CARPINTERIA

CUBIERTAS ROMANAS

BASÍLICA DE SAN PEDRO. La fig. 1058 reresenta un cuchillo de la cubierta de la angua basílica de San Pedro de Roma, notale por su extraordinaria sencillez.

Cuando en 1334 el papa Benito XII hizo estaurar completamente el armazon de esta ubierta, se encontraron las maderas tan bien onservadas, que se las utilizó para la conscuccion de la cubierta del palacio de Faresio. Al desmontarla se encontró una viga e dimensiones colosales, revestida compleamente de cuerdas á causa de su extraordiaria antigüedad. Esta viga se vió que tenia na inscripcion grabada que decia: *Esta viga s una de las de la cubierta que hizo poner l buen Constantino*, que murió en 337. Las endientes de la cobija que soportaba eran as usadas en los frontones antiguos.

Cada cuchillo estaba compuesto de dos irantes gemelos, de dos pares igualmente gemelos, de dos puentes gemelos comprendilos entre los pares sin estar ensamblados en ellos, y sólo sí retenidos por un perno que es atravesaba, y en fin, de un pendolon retenido en los pares por medio de un perno, así como tambien en el puente y el tirante.

En este entramado no habia ningun refuerzo de hierro. Cada tirante era de una sola pieza. Cuando se procedió á la restauracion fué cuando se les empalmó á rayo de Júpiter y se les reforzó con hierros.

SAN PABLO DEL CAMPO EN ROMA. Los cuchillos de esta basílica, quemada en 1823, están representados por las figs. 1059, 1060 y 1061. Los dos primeros son notables por ser dobles y por tener el pendolon que sostiene al tirante sostenido por un puente.

El segundo sistema es más resistente que el primero por ser las maderas más gruesas y las péndolas que reciben el ensamble de los contra pares retienen más sólidamente al pendolon intermediario que sostiene el tirante.

El cuchillo de la fig. 1059 es uno de los más antiguos de esta cubierta, construido con madera de abeto, restaurado en 816 durante el pontificado de Leon III.

El cuchillo de la fig. 1061 corresponde a

santuario y pertenece á la parte que fué restaurada por Sixto V (de 1585 á 1590).

Las maderas de todos estos cuchillos estan escuadradas á arista viva. Los ensambles son de cruce con espera sin escopleaduras ni espigas.

Este tercer cuchillo es sencillo, y sin embargo es más complicado que los anteriores, á pesar de no deber ser tan resistente por estar sostenido por un muro central.

Las figs. 1062, 1063 y 1064 son las secciones longitudinales del edificio por un plano vertical paralelo á la cumbrera, en las cuales se ve la distancia de los cuchillos y de las cuerdas.

Las cuerdas soportan un enladrillado de piezas de 0'514, lo cual forma un enlosado con juntas de mortero sobre el cual descansa la cobija de teja representada en la figura 340.

SANTA SABINA. La fig. 1065 representa uno de los cuchillos de esta iglesia de Roma, cuya construccion remonta al año 425.

Este cuchillo es el primer ejemplo de pares sostenidos por tornapuntas ensamblados en el pendolon.

TEATRO DE ARGENTINA. La fig. 1066 representa un cuchillo del teatro de Argentina en Roma, notable por su sencillez y la bien entendida combinacion de sus piezas. Su tiro es de 24'50^{m}. Los tirantes y los pares constan de piezas empalmadas á rayo de Júpiter. Los tirantes están sostenidos por dobles estribos de hierro.

CUBIERTAS MODERNAS

ENTRAMADOS DE MADERAS RECTAS. Las pendientes de las cubiertas han dependido siempre del clima y de las necesidades ó modo de ser de los pueblos; así pues, con las alturas han debido aumentarse tambien el número de contrapares *a* (fig. 1067), y por lo tanto, el número de puentes *b*, y desde el momento que se han utilizado éstos para formar pisos en el interior de las cubiertas, se les ha debido reforzar con otros contrapuentes *c* y tornapuntas *d*, ó por péndolas *e* unidas á los pares, de modo que las combinaciones representadas á derecha é izquierda de la figura han venido á ser los tipos de todos los entramados inclinados de los paises propensos á lluvias y nieves en los cuales solamente se ha variado la posicion de estas piezas y se han añadido otras de utilidad real más ó menos discutible.

SISTEMA DE STYERME. Las figs. 1068, 1069 y 876 representan tres tipos de tiros ó longitudes de cuchillos distintas.

El sistema Styerme consiste principalmente en el empleo de piezas verticales, que llama *llaves colgantes*, las cuales unen los tirantes con los puentes y á estos entre sí.

Para el trazado, se dividen los rectángulos *d e c h* formados por la mitad del tiro de la cubierta y su altura, en cierto número de cuadrados cuyas líneas y ángulos determinan los puntos principales en donde deben establecerse los ensambles y las piezas verticales y horizontales que, junto con los pares, concurren á la formacion de los cuchillos; los círculos *v k u*, *x h y* indican al propio tiempo las dimensiones horizontales que deban tomarse verticalmente.

El carácter científico que este cúmulo de líneas dan á este trazado, puede decirse que no conduce á resultados indispensables, puesto que si la disposicion de las maderas está bien entendida, basta tener en cuenta que la altura de la cubierta, segun las necesidades y los climas, es igual á la mitad ó al tercio del tiro de los cuchillos, lo cual da la pendiente, y que los puentes se establecen á la mitad, al tercio ó al cuarto de la altura de la cubierta.

Rondelet observa que si en este sistema tirante y los puentes deben sostener pi-)s, las péndolas *m m*, á pesar de estar bien)locadas, su union con los puentes y los ti-ıntes no es muy sólida por emplear sola-ıente planchas de hierro, que son las que)portan todo el esfuerzo de la carga, siendo referible emplear péndolas gemelas vertica-:s que retengan á los puentos y á los tiran-:s por medio de pernos de hierro.

ENTRAMADO DEL TEMPLO DE LOS REFORMA-OS EN ESTRASBURGO. Esta cubierta se onstruyó en 1790 sgun el sistema de Styer-ıe, representada por las figs. 1070 y 1071.

El objeto principal que, segun parece, se ropuso el constructor, es la suspension de ıs dos vigas *a a* que sostienen el piso de n granero por medio de péndolas geme-ıs *b b*.

Los tirantes y las vigas están unidos á ıs péndolas por estribos de hierro muy re-istentes. Las viguetas y el techo están uni-los por medio de pernos. En vez de cruz le san Andrés, como en la fig. 878, se han :stablecido voladizos y tornapuntas que en-ıamblan en las correas y las cadenas y en los)ares, lo cual da el mismo resultado sin ne-:esidad de tener que emplear maderas tan argas como las requeridas por las cruces de san Andrés.

CUBIERTA DEL PICADERO DE COPENHAGUE. Esta cubierta, representada por la fig. 1072, :iene alguna semejanza con la anterior siendo de apariencia algo más ligera.

En este ejemplo, forma parte de una cubierta quebrada. El puente superior *z* podria suprimirse reemplazándole por el *x* y añadiéndole los tornapuntas *y*.

CUBIERTA DE LA CATEDRAL DE RUAN. En la fig. 1073 está representado un cuchillo con tres pendolones, en el cual el tirante está sostenido por un pendolon principal en su centro.

Los otros dos pendolones ó péndolas sostienen tambien á este tirante en el centro de las dos mitades, siendo independientes del resto del sistema de la cubierta, y forman en cada lado una especie de armadura como la de la fig. 231.

TEATRO ITALIANO DE PARIS. La fig. 1074 representa uno de los cuchillos del teatro Italiano de Paris, quemado en 1839, cuyo cuchillo se distingue de las construcciones ordinarias por las gemelas paralelas á los pares, que tienen por objeto sostener el puente, al que están unidos por medio de planchas de hierro dos péndolas que soportan el tirante del techo. Por medio de esta combinacion se favorece poderosamente á los verdaderos pares, siendo el efecto más completo si se hace de modo que estos contrapares cojan al tirante, en cuyo caso los tornapuntas *m* serian inútiles, bastando prolongar los refuerzos *m* hasta las gemelas; las péndolas *o* producirian tambien mejor efecto si en lugar de sencillas fueran dobles ó gemelas.

De todos modos para sostener piezas horizontales es siempre preferible emplear gemelas ó ensambles á cepo que no planchas de hierro.

Los cuchillos del picadero de Luneville (figura 1075) presentan otro ejemplo de contra-pares, paralelos á los pares, pero que en vez de ser gemelos son sencillos, dando puntos de apoyo á las péndolas, sin lo cual no tendrian éstas la suficiente solidez de ensamble en los pares, por no poder pasar de una longitud suficiente.

TINGLADO DE LA RAPÉE EN PARIS. El cuchillo representado por la fig. 1076, si bien tiene las maderas muy bien combinadas, en cambio son demasiado numerosas por concurrir simultáneamente varios sistemas para obtener el mismo resultado, sin ser necesário este esceso de solidez.

Se podrian suprimir sin inconveniente alguno las gemelas *m m* que cargan el entramado, sin prestar ningun alivio á las piezas *n*, *p*, pudiéndose añadir en cambio los refuerzos *o u*.

TINGLADO DE M. EYRERE. El cuchillo (figura 1077) forma parte de un tinglado construido por M. Eyrère, en el cual para mayor sencillez de ejecucion y solidez, las piezas *p* podrian suprimirse, podria prolongarse el puente *m* hasta encontrar al par debajo de la primera correa, y podria colocarse la pieza *r* en *s* en la segunda correa.

FÁBRICA DE HILADOS. El cuchillo (figura 1078) corresponde á una cubierta de una hilanderia, en el cual existe un puente *a* que podrá suprimirse, así como tambien la cruz de san Andrés permite suprimir el tirante.

En el caso de conservarse el puente, deberia suprimirse la cruz de san Andrés reemplazándola por los tornapuntas *m m*.

TINGLADO DE HELDER. La fig. 1079 es la seccion de una granja construida en Holanda cuyos cuchillos están espaciados de 4'548^{m} unos de otros, habiendo siete cuerdas entre ellos sin contar los que coinciden con los cuchillos.

El trazado de puntos indica la manera cómo podrian reemplazarse los pié-derechos de ensamble por pié-derechos aislados, cuya disposicion daria mayor estabilidad al conjunto.

CUBIERTA DE UN ALMACEN EN HOLANDA. La fig. 1080 representa un cuchillo de esta cubierta, la cual tiene 97'452^{m} de longitud y 19'490^{m} de latitud; la distancia de eje á eje de cuchillos es de 4'873^{m}, entre los cuales hay seis cuerdas. El empuje de la cubierta en cada cuchillo obra sobre el tirante que sostiene el piso del granero, sostenido longitudinalmente por dos vigas que reciben á las viguetas distribuidas entre los tirantes.

Estas vigas están sostenidas por pilares que coinciden verticalmente con los cuchillos, indispensables á causa de la irregularidad que, por varias circunstancias, puede ocurrir en la reparticion de la carga del piso.

TINGLADO CONSTRUIDO EN SUIZA. Uno de los cuchillos de este tinglado está representado por la fig. 1081, en el cual los tornapuntas están formados por dos piezas y son gemelos con el fin de retener á los pares y ensamblarse en el puente superior igualmente gemelo.

Los dos pisos están sostenidos por dobles planchas de hierro unidas al puente superior.

Dos gemelas verticales que se hubiesen puesto darian el mismo resultado con menos gasto, si bien el aspecto no hubiera sido tan ligero.

GRAN NAVE DE LA FUNDICION DE ROMILLY. En la fig. 1082 está representado uno de los cuchillos de la doble cubierta de esta nave. La fig. 1083 representa la alzada exterior del edificio, y la fig. 1084, la planta.

Esta obra está compuesta de dos partes, separadas por el canal de una rueda hidráulica que da movimiento á los laminadores, cobijadas por dos grandes cubiertas con otra central correspondiente á la corriente de agua.

Las soleras, comunes á las tres cubiertas, están sostenidas por filas de columnas de hierro fundido, huecas, correspondientes á los ensambles á media madera de los tirantes que se unen de punta al cruzarse con dichas soleras. Las bases de estas columnas apoyan en las paredes del canal.

Los entramados de las cubiertas correspondientes á los muros laterales vierten el agua al exterior; las vertientes contiguas á las de la cubierta central forman entre sí canales comunes sobre las soleras, y vierten el agua al interior de las columnas y de éstas van á parar al canal por medio de tubos curvos empotrados en la obra.

El tirante de cada cuchillo está formado por dos piezas que se unen de punta en el centro de su longitud, cuya union está formada por otra pieza ó zapata unida á aquéllas por medio de muescas, consolidado todo con planchas de hierro por encima y por debajo y por medio de pernos.

El tirante está sostenido por péndolas ver-

ticales gemelas, y por un pendolon gemelo ó ensamblado á cepo de un tercio de la longitud que le corresponderia, y los dos tercios restantes los forma una espiga redonda de hierro que atraviesa el tirante, unida al pendolon por un anillo plano que atraviesa el perno de hierro inferior de los refuerzos.

El ensamble de la cruz de san Andrés está reforzado por una X de hierro aplicada en cada cara.

La fig. 1085 es una proyeccion horizontal, y la fig. 1086 un corte para que se vea el detalle del ensamble de los tirantes y las soleras.

Cada fila de soleras está compuesta de tantas piezas *s*, *s* como espacios entre cuchillos haya en toda la longitud de las cubiertas.

Las figs. 1088 y 1089 representan las secciones longitudinal y transversal de otra cubierta en la cual el empuje del entramado se destruye, ó á lo menos se atenúa por medio de las gemelas inclinadas que concurren al sostenimiento del puente.

Los movimientos que podria dar la cubierta se evitan por medio de cruces de san Andrés formadas por medias gemelas en el cuchillo de la cumbrera, y por los arcos de debajo de las soleras de fachada.

La extraordinaria ligereza de esta construccion quizás pueda convenir á una construccion provisional, mas no así á una obra permanente, para la cual deba darse mayor escuadria á las piezas, consolidándolas debidamente.

Lasfigs. 1090 y 1091 representan las proyecciones de otra cubierta construida en 1835 en Paris para el edificio destinado á provisiones militares.

Los pisos están sostenidos por pie-derechos que arrancan del firme. La escuadría de las maderas está calculada proporcionalmente á la combinacion de las piezas. Para ligar convenientemente las piezas que sostienen el techo, los pares son gemelos.

CUCHILLOS SIN TIRANTES

Siempre que se deban suprimir los tirantes de las cubiertas, es indispensable calcular la manera cómo se podrán vencer los empujes, bien sea dando el espesor conveniente á los muros que deban soportarles, ó bien introduciendo en la composicion de los cuchillos, las piezas de madera ó de hierro necesarias para destruirlos, ó á lo menos, atenuarlos ó modificarlos, cambiando la direccion de su accion para llevarla á los puntos más resisténtes y para los cuales no haya necesidad de reforzar los muros con gruesos innecesarios.

Sistema de M. Ried. La fig. 1092 representa un fragmento de un cuchillo de tinglado construido por M. Ried, y la fig. 1093 es una aplicacion de él, al cual se le ha añadido un revestimiento interior construido por el mismo.

Por medio de un puente *a* y de su tornapunta *b*, el empuje sólo se ejerce por la parte inferior del cuchillo, por efecto de la combinacion de la pieza *c* con el tornapunta *d* y la gemela *e* que forman una especie de cartela en que apoya el pié del cuchillo, reforzado con la pieza *f*.

El revestimiento *h* (fig. 1093) presenta una superficie cilíndrica continua y está sostenida por cuchillos de relleno que apoyan en las soleras *g*.

Tinglados para hilanderías. Las figuras 1094 y 1095 representan cuchillos que apoyan en pié-derechos y aleros formando arcos cuyos arranques están en los muros y en los pié-derechos interiores que arrancan de los cimientos del edificio. Al combinarse las cruces de san Andrés, formadas por gemelas, con los apoyos producidos por los pie-de-

rechos, destruyen completamente los empujes.

CUBIERTA CÓNICA EN SANTO DOMINGO. La fig. 1096 es el perfíl de una cubierta cónica ejecutada en Santo Domingo para cubrir una fábrica de azúcar. La fig. 1097 es un fragmento de la planta de esta cubierta. Estas dos figuras dan un buen ejemplo de cómo puede destruirse el empuje de una cubierta debido á su forma circular.

Las soleras y las correas fijas en los pares forman anillos que se oponen á estos empujes, por cuyo motivo podria simplificarse mucho cada cuchillo disminuyendo el número de piezas que les constituyen. Tambien puede observarse que, por medio de estas correas circulares, bastaria atornillarlas con los pares y establecer tornapuntas radiales para conservar la posicion vertical del pendolon. En cuanto á la torsion, para evitarla, se podrian colocar algunas cruces de san Andrés entre las correas. Compréndase bien que, si se aproximan las correas entre sí para colocar pizarras ó tablillas sobre ellas, pueden suprimirse las cuerdas y las tablas deberán colocarse entonces en direccion de las generatrices de la superficie cónica, en cuyo caso, los dos clavos que fijan las pizarras ó tablillas deben colocarse en cada pieza segun una generatriz de dicha superficie cónica.

CUBIERTA DE MADERAS REDONDAS

La figura 1098 representa la planta de un cobertizo para ganado, construido con maderas redondas naturales, descortizadas y partidas en dos por el eje, construccion muy conveniente para ciertas necesidades rurales.

Las dimensiones entre muros son de 16 metros de ancho por 85 metros de largo, dividido en 21 espacios, de los cuales el del centro es mayor que los restantes é igual al espacio comprendido entre pilares en sentido del ancho de la construccion.

La fig. 1099 representa uno de los cuchillos, en el cual el tirante está formado por tres vigas aplanadas en las caras en que apoyan las demás piezas, y ensambladas sobre los pilares, formados por troncos de árboles. Las demás piezas están sencillamente aserradas por el eje para que den formas simétricas y puedan colocarse simétricamente en la combinacion de un mismo cuchillo.

Como es muy difícil encontrar troncos ó ramas completamente rectas, se utiliza la curvatura que tengan y se les coloca de modo que den la forma cóncava á la cubierta, regularizando la colocacion de las correas por medio de cuñas ó retocándolas donde convenga, y añadiendo tambien tablones ó falsas correas entre ellas.

Un cobertizo de las dimensiones espresadas, construido tal como representa la figura, emplea 31 metros cúbicos de madera, 60 metros cuadrados de tablas para las falsas correas colocadas de canto entre las correas, 2,400 metros de viguetas para el enlatado y 1,360 metros cuadrados de tablas para el piso del granero.

A pesar de que en estos cuchillos no exista pendolon, y que los ensambles no sean á caja y espiga sino por simple aplicacion de piezas, retenidas por pernos, con todo ofrecen una gran solidez.

CUCHILLOS DE POCO TIRO. Estos cuchillos tienen la doble ventaja de emplear menos madera á causa de la reduccion de la escuadria de las piezas, y de emplear tambien menor número de éstas, y por lo tanto ofrecen mucha mayor sencillez de construccion.

La fig. 1100 representa un cuchillo de una cubierta pequeña á dos vertientes. Este cuchillo no tiene pares y sí sólo cuerdas que hacen las veces de aquéllos. La primera correa de cada lado está sostenida por un montante vertical y un egion ensamblado en

la cuerda. Las dos correas superiores apoyan en unas gemelas formando puente por entre las cuales pasan las cuerdas y el pendolon.

La fig. 1101 es el dibujo de un cuchillo sin tirante ni pendolon. Los pares se unen en el vértice de la cubierta por medio de una pieza, codada.

CUCHILLOS CON ARCOS INTERIORES. La figura 1102 representa un cuchillo sin tirante, formando arco.

La fig. 1103 es un cuchillo de igual forma, pero para un tiro mayor.

La fig. 1104 es un cuchillo de una cubierta rebajada, de poco tiro y sin tirante. Los pares están formados por tablones, unidos en el vértice por gemelas enrasadas, entalladas en ellos de modo que conserven la distancia de los pares.

CUBIERTA Á DOS VERTIENTES Y Á CONTRAPENDIENTE. En esta cubierta (fig. 1105) la canal ó arista entrante se encuentra en mitad del ancho del espacio cubierto. Los cuchillos forman cruces de san Andrés, y constan de tablones entregados en los muros.

CUBIERTAS CILÍNDRICAS. La fig. 1106 es la seccion de una cubierta cilíndrica sin cuerdas. Las correas están sostenidas por segmentos aplicados á los tornapuntas y á los pares. El enlatado está formado por tablas que al clavarlas á las correas siguen la curvatura de la cubierta.

La fig. 1107 es la seccion de una cubierta ojival del mismo sistema.

La fig. 1108 representa el mismo sistema aplicado á una cubierta en imperial.

CUCHILLOS DE OBRA DE FÁBRICA

El valor y escasez de la madera, las precauciones que deben tomarse contra los incendios y las conveniencias de los propietarios, bajo el punto de vista del destino que deben darse á los edificios, pueden determinar ó precisar la clase de materiales que se empleen y reemplazar las obras de carpinteria por obras de fábrica.

Al tratar de la fig. 396 ya se ha dicho algo sobre el particular, y para completar lo que falta se indicarán algunas construcciones de la misma clase.

La fig. 1109 es el dibujo de un cuchillo de obra de fábrica, del mismo modo que se construyen en Bretaña, formado por ladrillos ó mamposteria y cuya forma es la ojival. Su distancia es proporcionada á la longitud de las maderas que forman las correas.

La fig, 1110 representa un cuchillo de obra de fábrica que sostiene igualmente una cubierta, cuyo espesor es de un metro. El arco es de ladrillo y el relleno de cascajo.

CUCHILLOS DE MADERAS HORIZONTALES

CONSTRUCCIONES RUSAS. Las figs. 1111, 1112 y 1113 representan la combinacion de las maderas, bien sea para formar remates de muros de fachada, ó ya para muros divisorios ó para formar cuchillos.

Los entramados de las cubiertas están cobijados con tablas, con paja y con tablillas.

Las flechas de los campanarios y las cúpulas apoyan en plantas cuadradas y octogonales, por el mismo sistema; es decir, que se colocan horizontalmente siguiendo la forma inclinada ó curva que se dé á las fachadas.

Esta clase de construcciones se ejecutan comunmente con maderas escuadreadas.

CONSTRUCCION SUIZA. Las figs. 1114 y 1115 representan la alzada y parte de la seccion de una casa estilo suizo, cuyos muros están formados por maderas colocadas

horizontamente, y cuya obra, hasta el primer piso, es de mamposteria ó ladrillo.

Las cubiertas son muy voladizas para preservar á las aberturas de la influencia de las lluvias y de las nieves impelidas por el viento.

El caballete de fachada está sostenido por cartelas formadas por la prolongacion de las maderas horizontales interiores.

Las figs. 1116, 1117, 1118, 1119 y 1120 representan detalles de ornamentacion en madera tallada.

Construccion china. A pesar de que no escasea en China la silleria, el principal elemento de construccion es la madera, á causa, segun dicen, de la humedad del suelo y por temor á los terremotos.

Puede muy bien asegurarse que la civilizacion no ha hecho cambiar en lo mas mínimo el modo de construir las viviendas en aquel pais; de modo que aun hoy dia se construye como primitivamente, subsistiendo sobre el particular las leyes antiguas, debido á la obediencia religiosa de sus habitantes, que llega hasta el extremo de que lás dimensiones, la distribucion y el decorado son las mismas para cada profesion, fortuna y rango de cada propietario.

El sistema más comunmente usado en China difiere enteramente de todos cuantos se han tratado hasta ahora; no obstante, está bastante bien entendido y apropiado á las formas de las cubiertas y á la flexibilidad de los materiales que los chinos emplean en sus construcciones.

Las correas en que apoyan las cuerdas, empleando casí siempre bambúes, las colocan en los puntos determinados por la curvatura adoptada para la cubierta, reforzándola con puentes sostenidos unos sobre otros por pié-derechos, de modo que la cubierta no ejerce ningun empuje sobre dichos puentes ni sobre la pieza que va de un muro á otro, representada por el tirante en las demás armaduras.

La fig. 1121 es un ejemplo de esta clase de construccion. El tirante va más allá del muro para recibir el voladizo de la cubierta, y sus estremidades están sostenidas por cartelas más ó menos elegantes, que contribuyen al decorado exterior reemplazando á las cornisas. Estos cuchillos están espaciados y retenidos por las correas y por otras piezas correspondientes á los ensambles de los pie-derechos.

ALEROS

Los aleros son cobertizos de reducidas dimensiones, á una sola vertiente, muy semejantes á los colgadizos, pero que, á causa de su poca estension, no tienen el mismo empleo. Los aleros se colocan generalmente sobre las aberturas de las fachadas para preservarlas de la lluvia.

Los aleros no tienen, como los colgadizos, pié-derechos de apoyo ó cartelas para sostener la volada, y se sostienen únicamente por entregas hechas en los muros en donde se aplican.

Aleros pequeños. Las figs. 1122 y 1123 son los perfiles de dos aleros pequeños, compuestos de semicuchillos separados de 1'50^{m} á 2 metros, de los cuales las piezas *a* y los tornapuntas *b* están entregados con mezcla en el muro.

Estas dos piezas sostienen á las soleras *s* en las cuales apoyan los pares *t* clavados á la especie de cumbre *g* fija en el muro por medio de ganchos.

Estos aleros se cubren con tablas ó con dos gruesos de rasillas ó con azulejos, segun la altura á que se hallan.

La fig. 1124 representa un alero colocado á lo largo de un muro, para cubrir la comunicacion ó espacio de dos edificios separados, cuyos cuchillos estarán espaciados de 2 metros.

Estos aleros se emplean tambien cuando deba cobijarse alguna polea ó mecanismo de ascension.

ALEROS GRANDES. La fig. 1125 representa el alero de mayores dimensiones que, segun noticias, se ha construido hasta la fecha, el cual se encuentra en el puerto de Helder, con el objeto de dar mayor ancho al tinglado de un taller de carpinteria y poner á cubierto de las intemperies á los operarios encargados de la construccion de mástiles.

El objeto de esta construccion consiste en dejar paso libre á los mástiles que, como el *m*, se trasportan del agua al taller.

El entramado de este alero está unido al edificio por medio de la pieza *q*, y con el fin de no sobrecargar la obra durante el trabajo de los mástiles, se establecen los pié-derechos móviles *d* que giran al rededor de una visagra y apoyan en el firme.

Este alero, así como el edificio en que se halla, tienen poco más ó menos 65 metros de longitud.

CAPÍTULO XXXIII

CUBIERTAS DE GRAN EXTENSION.

Antiguamente la extension máxima que se daba á los cuchillos no pasaba nunca de 25 metros, considerándose que no era posible pasar mas allá de este límite en obras de carpintería; sin embargo, en 1771 se construyó en Darmstad, en Alemania, una cubierta que si bien era muy viciosa como composicion, tanto por el esceso de madera que se empleó en ella, como por la combinacion defectuosa de las piezas, alcanzó una extension de 41 metros.

La fig. 1126 representa la fachada principal del edificio, y la fig. 1127 es una seccion de la cubierta por un plano vertical segun *a b* de la fig. 1126.

La fig. 1128 es un fragmento de seccion longitudinal, en el cual se encuentra la proyeccion de las ventanas que dan luz á la sala, vistas por la parte interior del edificio.

La fig. 1129 es un detalle, á escala doble, del ensamble C (fig. 1127) del par y del tirante con las planchas de hierro que consolidan este ensamble.

Las figs. 1130 y 1131 son el detalle, á escala doble tambien, del ensamble D, de una gemela vertical con el tirante, y de la construccion del techo cuyas vigas están fijas en el tirante por medio de estribos de hierro, clavados en las piezas de estos tirantes y por grapas de dos puntas que retienen los ganchos de las estremidades de los estribos.

El tirante está fijo en las gemelas por una plancha entregada en el espesor de dichas gemelas y retenida á ellas por pernos y clavijas; por la parte de debajo sostiene el tirante por medio de una rodela fija por una llave de hierro.

Esta pesadez de construccion debida á los herrajes se hubiera podido simplificar, haciendo de modo que las gemelas hubieran retenido al tirante y ensamblado las vigas en él.

Además, las piezas que constituyen los puentes son en número escesivo, y á causa de la mala disposicion de los tornapuntas, en vez de sostener el entramado lo cargan, lo cual es un gran inconveniente.

Otro tipo de esta clase está representado

en la fig. 1075 ya citada. A pesar del sinnúmero de gemelas verticales y del esceso de escuadria de las maderas, se ha corregido algun tanto esta construccion suprimiendo los tornapuntas, sustituyéndoles por simples contra-pares algun tanto separados de los pares para poderles consolidar mejor con las gemelas, y que, como los pares, apoyan en el tirante.

Las figs. 1132 y 1133, que forman una sola, representan la seccion longitudinal de esta cubierta.

PICADERO DE MOSCOU. La fig. 1134 es el perfil de uno de los 68 cuchillos de este picadero.

La fig. 1135 es el alzado de la fachada, de unos 260 metros de longitud y 94 metros de ancho exterior.

El apoyo principal de esta cubierta, cuyas vertientes tienen una inclinacion de 19°, es, en cada cuchillo, un arco formado por tres gruesos de tablones ensamblados en forma de cremallera. Las gemelas verticales que aprisionan á este arco sostienen al tirante compuesto de vigas empalmadas de punta á rayo de Júpiter.

A primera vista estos cuchillos se presentan muy bien combinados con relacion á sus piezas, mas es evidente que, como dice Rondelet, no puedan sostenerse, en particular á causa de lo débil de su tirante, y por la imposibilidad de que los rayos de Júpiter puedan resistir los empujes ocasionados por el enorme peso del arco.

Así pues, Rondelet propone las modificaciones representadas por las líneas de puntos, por las cuales se aumenta la fuerza del arco añadiéndole dos gruesos más; por la adicion de un puente O, por la disposicion de las descargas *m*, *n*, *p*, que llevan los esfuerzos debidos al peso de las gemelas verticales á las extremidades del tirante, y, en fin, al doble espesor del tirante compuesto de dos piezas solamente.

A pesar de todos estos perfeccionamientos, la solidez de un cuchillo de estas dimensiones es muy problemática á causa de la enorme cantidad de madera que entra en su composicion y la falta de resistencia de los ensambles.

La fig. 1137 es la seccion de una de las claraboyas del edificio.

SALA DE EJERCICIO DE MOSCOU. Encargado M. Betancourt de la ejecucion de una gran sala para que las tropas de Moscou pudiesen practicar ejercicios resguardados de las influencias atmosféricas, y tratándose de cubrir un espacio considerable, quiso antes construir dos cuchillos de ensayo para poder determinar con mayor exactitud su fuerza.

Uno de estos cuchillos está representado por las figs. 1138 y 1139, cuyo tirante tiene 48'75^{m} de longitud total.

Los dos cuchillos de prueba, espaciados de 45'50^{m} estaban ligados cerca del vértice de los pendolones por gemelas horizontales N, y por cruces de san Andrés; estaban colocados sobre tres filas de soleras colocadas á 16'25^{m} de altura sobre el nivel del suelo, descansando sobre muros de fábrica de ladrillo.

Para poder apreciar los movimientos que pudiesen verificarse durante los ensayos, se habian colocado de distancia en distancia reglas graduadas y un cierto número de plomadas.

Una vez quitados los andamiajes y apoyando los cuchillos únicamente por las extremidades de los tirantes, bajaron el uno de 0'08^{m} y el otro de 0'095^{m}.

En los puentes se colocaron planchas móviles para recibir los pesos de ensayos; se cargaron primeramente con 5,000 ladrillos, de peso, 16,154 kilógs., cuyo efecto fué casi nulo; se dobló la carga, y entonces se unieron los ensambles, y el tirante bajó de 0'023^{m}; repartidas las cargas de una manera uniforme, pero no permanente, las alternativas de sequedad y humedad hicie-

ron oscilar los cuchillos entre 4 y 7 milímetros.

Con el fin de evitar la acumulacion desigual de las nieves sobre las cubiertas, se cargó un lado con un suplemento de 5,000 ladrillos, y el efecto fué imperceptible. Se repartieron por fin 10,000 ladrillos sobre las cubiertas y sobre las planchas, de modo que además de su propio peso, resultaban cargados estos cuchillos con 80,768 kilos, es decir, 40,384 kilos en cada uno, y la disminucion de la flecha del tirante osciló únicamente de 4 líneas y media, de modo que era de 1 centímetro sobre la horizontal. Sin embargo, se observó que las llaves de los rayos de Júpiter de las vigas que formaban los tirantes se habian aplastado, y que los pernos de 0'027^{m} que apretaban á las vigas no habian bastado para impedir el resbalamiento en los tirantes, por cuyo motivo, desde entonces M. Betancourt sustituyó las llaves por el empalme recto como el de los pares.

La altura de los cuchillos es de el quinto de su extension. Al ejecutarse la obra tuvo que modificarse el número de péndolas, colocando nueve en vez de siete de las representadas en la figura, á causa de no haber podido disponer de madera de dimensiones convenientes para el tirante.

La fig. 1140 representa la union de las piezas que forman los tirantes.

Las figs. 1141 y 1142 son los ensambles del par, contrapar, péndola, puente y tornapunta.

Krafft propone dos combinaciones para cuchillos de la misma extension representado el primero por las figs. 1143 y 1144, el cual consiste en la sustitucion de los puentes y tornapuntas por un gran arco de ensamble; pero como este arco refiere todos los empujes á las extremidades del tirante, deberia darse á éste mucha mayor resistencia. El único perfeccionamiento que en todo caso podria ser útil al sistema de Betancourt, seria ligar los puentes con los pares por medio de planchas de hierro forjado para que participasen de la resistencia contra los empujes de dichos pares, aliviando de este modo al tirante.

En las figs. 1145 y 1146 Krafft propone, como apoyo principal de los entramados de las cubiertas, un arco de ensamble y un puente y tornapunta para completar el sistema; suprime completamente el tirante de madera sustituyéndole por un tirante de hierro; pero atendida la extension de estos cuchillos, para resistir los grandes empujes que se verifican, seria preciso que el tirante fuese muy grueso y por consiguiente muy costoso, prescindiendo del mal efecto que produciria la curvatura debida á su propio peso.

Más adelante se tratará de esta clase de tirantes con la extension debida.

CAPÍTULO XXXIV

ENTRAMADOS DE LA EDAD MEDIA.

El carácter distintivo y más general de las cubiertas de la Edad Media, consiste en presentar tantos cuchillos como sea el número de cuerdas que deban colocarse, teniendo todos ellos igual forma, escepto los llamados *maestros* que difieren de los demas, llamados simples cuchillos ó cuchillos de relleno.

Algun tiempo despues de la época que les da el nombre se ha querido imitar esta clase de construccion, y al hacerlo no se ha tenido en cuenta su ligereza característica; tanto es así, que la cubierta de la catedral de Versalles, terminada en 1754, está compuesta de una serie de cuchillos muy próximos unos á otros, que sostienen la cobija sin la intervencion de las correas, pero con una profusion de madera tal, que queda completamente desfigurado el elegante sistema de la Edad Media.

CONVENTO EN METZ. La fig. 1147 es la seccion de una cubierta construida en uno de los cuerpos de edificio de un convento de Metz, que data del año 1278.

La fig. 1148 es una seccion longitudinal de la cubierta. Los cuchillos maestros se distinguen de los restantes por el grueso mayor de sus piezas y por un tirante y un pendolon que no existe en los simples. El objeto de este pendolon es el sostener al tirante que, por no sostener techo, y sí solo mantener las soleras equidistantes é impedir los empujes, tiene muy poca escuadria. Los tirantes están ensamblados en las soleras por muescas practicadas en sus caras inferiores.

Los cuchillos simples descansan en piezas entalladas por la parte superior y mantenidas por las soleras. En los cuchíllos las curvas del arco ensamblan á espiga en el pendolon. En los cuchillos simples, están al tope y van unidos al puente y al pendolon superior por medio de dos pernos y por un estribo.

Todas las maderas de este entramado, escesivamente ligero y de estilo muy elegante, están escuadradas á arista viva y aplanadas con cepillo.

SALA DE LOS ESTADOS EN BLOIS. La figura 1149 es un fragmento de la planta del

castillo de Blois, correspondiente á la sala llamada de los Estados, situada en el primer piso del cuerpo de edificio del Este, y célebre por los acontecimientos que en ella se han sucedido.

La fig. 1150 es una seccion transversal por la linea *c d d e* de la planta, y la figura 1151 es una seccion longitudinal segun *a b*.

La fig. 1152 es el detalle de un cuchillo en el mismo sentido que la seccion (fig. 1150), y la fig. 1153 es un detalle de la seccion longitudinal (fig. 1151).

Atendida la gran latitud del edificio, y segun era uso en aquella época, se dió una gran altura á la cubierta, y con el objeto de emplear maderas de poca escuadria, se dividió la longitud de la sala por una serie de arcadas en ojiva que apoyaban en columnas, tal como representa la fig. 1153, de modo que cada cuchillo resulta formado de dos partes escéntricas llevando cada uno de ellos un arco ojival.

El entramado está compuesto de cuchillos maestros y de cuchillos simples, de los cuales únicamente los primeros llevan tirantes.

Los espacios entre cuchillos están ocupados por tablas clavadas en unas entalladuras ó cejas practicadas en los bordes de los arcos, formando un revestimiento interior, lo cual da la apariencia de bóvedas.

SALA DE LOS PASOS PERDIDOS DEL PALACIO DE RUAN. El edificio de la sala de los Procuradores ó de los Pasos perdidos construido en 1493, es la parte más antigua del Palacio de Justicia de Ruan. Su cubierta consta de 42 cuchillos iguales é igualmente espaciados, terminando en dos frontones angulares.

La longitud de la sala es de 47'03^{m}, su ancho es de 16'60^{m}

Los cuchillos son sin tirantes, representados por las figs. 1154 y 1155 que forman una sola, pudiéndose observar que su construccion es muy atrevida.

El espesor de los muros es de 2 metros y están consolidados por contrafuertes exteriores distribuidos entre las ventanas.

El revestimiento interior es de tablas clavadas en los arcos de las ventanas que cubren completamente el entramado, ofreciendo el aspecto de un gran arco ojival.

GRANJA DE MESLAY. Esta granja es muy célebre en el pais (Tours) á causa de sus grandes dimensiones y de su entramado, que es todo él de madera de castaño escogido; las maderas están escuadreadas á arista viva y aplanadas con el mayor cuidado; las piezas principales son notables por sus grandes dimensiones en longitud y en escuadria.

La fig. 1156 es el plano general del edificio, que tiene unos 24 metros de ancho y más de 50 metros de longitud.

La fig. 1157 es la alzada de la fachada principal, y la fig. 1158 es el dibujo de uno de los cuchillos.

CONSTRUCCION ÁRABE. Las cubiertas árabes tienen mucha analogia con las europeas de la Edad Media, y es más que probable que de las construcciones árabes se hayan tomado los modelos de ligereza y combinacion, apropiándolos al clima y usos de la época.

Las figs. 1159 y 1160 representan, vistos por el interior, los detalles de una cubierta árabe que cobija un salon de 6 metros de ancho por 8 metros de largo en la fortaleza de Alcalá Real, en la provincia de Jaen. La fig. 1161 representa la planta de este salon.

La cubierta está compuesta de dos entramados longitudinales y de dos petos. La madera es de pino escogido, escuadreado á arista viva y muy recto; las piezas sólo tienen 11 centímetros de escuadria. Todos los cuchillos son iguales y están igualmente espaciados, de los cuales llevan tirantes de dos en dos, dejando espacios de cuatro cuchillos sin tirantes.

Los puentes y los virotillos ensamblados en ellos forman una especie de rejilla sobre

del cual se encuentra el techo, formado por tablas ensambladas.

El interior de esta especie de bóveda está pintado en color pardo claro, los fondos de las cajas lo están en rojo y blanco brillantes, completando el adorno unos rosetones y filetes dorados.

Las cubiertas de la célebre Alhambra de Granada, y muchos otros edificios árabes de España, que aun hoy dia se conservan bastante bien, están construidos del mismo modo, salvo la variedad y la complicacion de sus dibujos relacionados con las dimensiones generales.

CAPÍTULO XXXV

ENTRAMADOS COLGANTES

En capítulos anteriores se ha dicho algo relativo á ciertos colgantes formados por las prolongaciones de los pendolones en los entramados de estilo gótico; mas los que se describirán ahora tienen un carácter especial que les distingue de los demas sistemas, por cuyo motivo deben tratarse en un capítulo especial.

Esta clase de construccion se emplea muy particularmente en Inglaterra, en donde se ha perfeccionado extraordinariamente bajo el punto de vista de la elegancia en las combinaciones y la riqueza de la ornamentacion, sin separarse, no obtante, del gusto particular que se nota en las construcciones de la Edad Media que se conservan.

ENTRAMADOS INGLESES

WESTMINSTER HALL. Este palacio era en otro tiempo la sala de festines del palacio del rey. La primera construccion remonta al reinado de Guillermo el Rojo, á principios del siglo XI; mas, tres siglos despues fué reconstruido por Ricardo II que, á su advenimiento al trono, celebró en él la fiesta de Navidad en 1399, con banquetes de un explendor extraordinario.

Exceptuando la parte que mira al Norte, en donde la fachada principal se decoró con un riquísimo pórtico con un sinnúmero de estatuas colocadas en nichos, el aspecto general de la parte exterior de este monumento no tiene una apariencia simpática ni elegante, contribuyendo al mal efecto la cubierta aguda que le cobija, la cual le da el aspecto de una gran granja más que de un palacio. Lo único que le da importancia es las grandes dimensiones que tiene. Por la elegancia y riqueza de su entramado, el interior presenta un gran contraste con la sencillez exterior, y su aspecto es más bien de una catedral sin columnas que el de un palacio.

La fig. 1159 representa la mitad de un

cuchillo, compuesto de los pares *a a* ensamblados por la parte superior en un pendolon *b*, y unidos en mitad de su longitud por un puente *d*. En vez de tirante hay dos aleros *e* horizontales, sostenidos por el arco *g*, colocados uno en cada lado, y que reciben el ensamble de los pares. La extremidad de estos aleros soporta una péndola *h* formando adorno, que sostiene la union del par con el puente. Esta péndola está reforzada por un tornapuntas *c* que apoya en una pieza colocada encima del alero, quedando oculto entre los paramentos, y estando reforzado á su vez por otra pieza *j* empotrada en el muro.

A la mitad de la altura entre el puente principal y la cumbrera *f*, se encuentra un segundo puente *k* ensamblado en las péndolas *n*, que alivian la carga de los pares en los puntos en donde apoyan las correas *o*; el arco *m*, así como la curva *y*, arrancan de un floron pendiente *r* de silleria, colocado al nivel de la cornisa interior, á la mitad de la altura de los muros, que tienen 42 piés ingleses (12'80^{m}) desde el pavimento hasta el nivel de las piezas *e*.

Este arco consta de dos piezas gemelas que aprisionan al alero *e*, á las péndolas *h* y al puente *d*. El otro arco menor *p* arranca de la extremidad del mismo alero *e*, y va á unirse con el arco mayor, soportando una parte de la carga del entramado.

Se puede observar que el alero *e*, la péndola *g*, la porcion del arco *p* y la curva *g*, forman un colgante unido á los pares por medio de un perno de hierro *n*, cuya tuerca se encuentra en el arco *g*. Este colgante da una fuerza extraordinaria al entramado y atenúa su empuje, el cual obra sobre las partes de los muros comprendidos entre el floron *r* y las soleras; este empuje está vencido además por unos contrafuertes exteriores correspondientes á cada cuchillo.

La fig. 1160 es una seccion longitudinal de la sala, la cual comprende dos cuchillos y da á comprender que esta cubierta consta de tres divisiones: la primera, que va de la cornisa al alero; la segunda, de los aleros al puente principal; la tercera ocupa el resto de la altura, desde este puente hasta la cumbrera. En esta seccion se ven los aleros, los refuerzos *s* que sostienen la cumbrera, los aleros *t* que sostienen una de las correas *o*; la seccion del puente menor *v* que ensambla en las correas de ambas vertientes para que no hagan flexion á causa de la carga de la cubierta.

Las correas *z* correspondientes al puente *d* apoyan en el arco formado por los refuerzos *y*, que al mismo tiempo forman parte del decorado interior.

La correa *q* correspondiente á las lucernas está sostenida igualmente por los refuerzos curvos *u*, ausiliados por las piezas *l* que apoyan en el extrados del gran arco.

Las figs. 1161 y 1162 son las proyecciones de uno de los ángulos de madera esculturada que rematan los aleros *e*, y forman el decorado mas saliente de la sala.

La fig. 1163 es una seccion horizontal de la péndola *h*, por un plano segun la línea 1-2 (fig. 1159).

La fig. 1164 es el dibujo de la cartela del tímpano, entre la correa *z* y el arco *y* que la sostiene (fig. 1160).

La fig. 1165 es el dibujo del tímpano entre el arco *m* y el arco *p* (fig. 1159).

La fig. 1166 es uno de los arcos sostenidos por las columnitas que se apoyan en el puente.

La fig. 1166 es la seccion horizontal de una columnita por el plano 3-4 (fig. 1159).

La fig. 1167 es la seccion transversal de los arcos *m*.

Palacio Hampton Court. La fig. 1169 representa uno de los cuchillos de la cubierta principal de este palacio, el cual, como en el palacio de Westminster, arranca de unos florones de silleria recibidos en el muro.

La fig. 1170 es una parte de la seccion longitudinal de la cubierta.

La parte exterior tiene la forma quebrantada. En el interior la combinacion es semejante á la del palacio Westminster, sólo que, teniendo ésta menor ancho, se han suprimido los grandes arcos y se ha aumentado el decorado.

El arco *p* tiene la forma de ojiva rebajada y apoya en las cartelas formadas por la combinacion de los aleros *e*, las péndolas *h*, los semiarcos *g* y los montantes *j*. En atencion á la gran distancia entre cuchillos, se les refuerza por medio de cadenas *m*, *n* y por una segunda cumbrera *k*. Las cadenas *m* están sostenidas por curvas, formando un conjunto de cuchillos cuya combinacion es semejante á la de los cuchillos de la cubierta (fig. 1169). Con relacion á las cadenas *n* y á la cumbrera *k*, están sostenidas por verdaderas piezas colgantes formadas por arcos ojivales *h* y un pendolon intermediario *p* y *p'*.

La correa *o* está sostenida por una fila de pilastras; la segunda correa *g* está apoyada por un arco que, longitudinalmente á la cubierta, tiene por tiro la distancia entre cuchillos, arrancando del alero *e*.

La correa *r* está sostenida por estribos *s*, apoyados en las cadenas *m*.

Las combinaciones de estos arcos forman piezas colgantes terminadas en florones, formando un conjunto muy rico y muy elegante.

Fig. 1171, florones *e'* de las extremidades de los aleros *e*.

Fig. 1172, florones *v* del pendolon y pieza colgante debajo de las correas.

Fig. 1173, florones *x* de la pieza colgante del cuchillo parcial debajo de la cadena *m*.

Fig. 1174 y 1175, florones *z* de silleria, en donde apoyan los arranques de los cuchillos.

Los muros de este edificio llevan contrafuertes y estribos que no están expresados en las figuras.

Cubierta de Crosby Hall. La fig. 1176 es una seccion transversal de una parte del edificio, y la fig. 1177 es una seccion longitudinal.

El carácter principal de esta cubierta consiste en presentar debajo de las piezas que sostienen la cubierta inclinada á 45°, una bóveda de madera de roble admirablemente bien trabajada, que se extiende en toda la longitud de la sala y de la cual penden tres filas de péndolas, á cuyos lados se unen arcos que refuerzan y hermosean al arco principal. De este modo el entramado de la cubierta que se apoya en los arcos de los cuchillos principales, se encuentra enteramente oculto, y por lo mismo no ofrece nada notable.

Al considerar esta bóveda, su entramado se presenta formado por cuchillos transversales, que son los cuchillos principales, y por tres cuchillos longitudinales, de los cuales el del centro corresponde á la cumbrera.

En el cruce de estos cuchillos es en donde se encuentran, como piezas complementarias, las péndolas de que se acaba de tratar. Los arcos que se unen á ellas tienen por objeto solamente el mantenerlas en posicion vertical por medio de los apoyos formados en sus estremidades, y sostener los pisos que dividen la superficie de la bóveda en grandes marcos decorados.

La fig. 1178 es la proyeccion, vista de frente, de uno de los modillones de silleria A (fig. 1176), entregados en los muros y en los cuales apoya el entramado de la bóveda al nivel de las impostas de las ventanas.

La fig. 1179 es su proyeccion horizontal, representando, á la derecha, una seccion horizontal segun *p*, *q* (fig. 1178); y á la izquierda, una seccion horizontal segun *z y*. La línea *v u* señala el paramento del muro en que está empotrado el modillon.

La fig. 1180 es una proyeccion vertical de uno de los florones pendientes B que rematan las péndolas de la bóveda.

La fig. 1181 representa, á la derecha, la planta superior de estos florones con la sec-

cion horizontal segun las líneas *m n* de los arcos que apoyan en ellos; á la izquierda se encuentra la seccion horizontal segun la línea *y z*.

La fig. 1182 es una proyeccion vertical en elevacion de la cornisa que remata los muros. Los espacios que se encuentran entre los frisos del techo y los arcos de las péndolas están ocupados por adornos de madera tallada.

El interior de esta sala tiene 8'23^{m} de ancho por 21'03^{m} de largo, siendo su altura de 11'58^{m}.

CÁMARA DEL CONSEJO DEL PALACIO DE CROSBY. La fig. 1183 es una seccion transversal de una parte del entramado, debajo de la cual se encuentra el techo formado por una bóveda muy rebajada de madera. Si se esceptúa el elegante decorado de esta bóveda, la construccion de su entramado es muy semejante á la de las figs. 1147 y 1148.

La fig. 1184 es una seccion longitudinal, en donde están detallados los dibujos que adornan el techo. Los cuchillos principales, entre los cuales se encuentran los cuchillos de relleno, sostienen los arcos principales que dividen el techo en varias zonas iguales en sentido de la longitud de la sala. Estas zonas se dividen, á su vez, en dos filas de ocho cajas de artesonado, en cuyo fondo se destaca la ornamentacion gótica artísticamente contorneada formando relieve.

Esta especie de recuadros de carpinteria están clavados en las curvas que forman los arcos de la bóveda entre los cuchillos.

La fig. 1185 es un detalle de los adornos de los arcos debajo de los cuchillos principales.

La fig. 1186 representa el dibujo de los adornos de una de las cajas de artesonado de la bóveda.

La fig. 1187 es el alzado de uno de los remates de donde arrancan los arcos, correspondientes á la cornisa que limita la sala, siendo la fig. 1188 la seccion vertical.

La fig. 1189 es la seccion de uno de los arcos, prescindiendo del lambrequin que les adorna.

TECHO DE LA CÁMARA DORADA DEL PALACIO DE JUSTICIA DE PARIS. La fig. 1190 representa la seccion transversal por A B, y la fig. 1191 es la proyeccion horizontal, visto el techo por debajo.

La gran distancia de las vigas motivó el empleo de péndolas, que hacen el efecto de armaduras invertidas y aumentan la fuerza.

En la fig. 1192 se ve el detalle de construccion de estas péndolas, en donde la péndola *a* ensamblada en la parte inferior de la viga *d* por medio de una espiga cuadrada muy corta, está retenida por planchas de hierro, y los refuerzos *b*, *b*, tallados por la parte inferior en forma de arco y ligados á la viga y á la péndola por medio de pernos que atraviesen sus ensambles con espera, forman una verdadera armadura.

La fig. 1193 es una seccion por un plano horizontal segun las líneas *x y* de la figura 1192; y la fig. 1194 es una seccion horizontal segun la línea *v z*.

La fig. 1195 es una seccion horizontal al nivel superior de un capitel.

CAPÍTULO XXXVI

CÚPULAS, CAMPANARIOS, FLECHAS O AGUJAS, TORRES

CÚPULAS. Se da el nombre de cúpula á la cubierta, ordinariamente esferoidal que cubre un espacio circular, bien se encuentre aislado ú ocupe la parte central de un edificio.

En los monumentos consagrados al culto, las cúpulas se elevan generalmente por encima del santuario indicando exteriormente su emplazamiento.

Las cúpulas de madera están compuestas por cierto número de cuchillos que apoyan en unas soleras formando anillo, si el muro es circular, á donde afluyen todos los empujes y ausilian al muro de tal modo, que sólo debe tener la fuerza necesaria para resistir la presion vertical producida por el peso de la cubierta.

CÚPULA DE MATHURIN JOUSSE. La figura 1196 representa esta cúpula, proyectada sobre un diámetro de 11'694^{m}, compuesta de 40 semicuchillos iguales, de los cuales hay 8 que soportan una linterna.

A la derecha de la figura está espresada la combinacion propuesta por Mathurin Jousse; á la izquierda está la propuesta por Rondelet, siendo preferible esta última en atencion á que los tornapuntas *p*, *q* están dispuestos mucho mejor que en *r*, y que la gemela horizontal *a* que éste añade á la gemela inclinada *b* que sustituye á las piezas *m* y *n*, ligan de un modo más estable y resistente á las curvas de la superficie exterior de la cúpula con la interior.

CÚPULA DE FOURNEAU. La fig. 1197 representa la seccion de esta cúpula de obra de fábrica junto con la linterna que la remata. Los cuchillos de esta cúpula son, con pocas variantes, una copia fiel y más reducida de los de la cúpula de los Inválidos de Paris de que se tratará luego.

Esta figura representa el cuchillo trazado por Rondelet, como correccion del cuchillo de Fourneau; mas como los cambios son tan notables, se le puede considerar como compuesto enteramente por aquél, como puede comprobarse comparándole con el trazado de puntos que representa el sistema de Fourneau.

El entramado descansa en un trazado anu-

lar formado por cuatro filas de soleras. Los doce cuchillos de que consta están colocados siguiendo la direccion de los radios de la cúpula y afluyen á un pendolon central.

Este trazado tiene la misma forma que el representado por la fig. 630.

CÚPULA DE STYERME. La fig. 1198 representa el cuchillo de una cúpula compuesta por Styerme, para el cual adoptó un trazado análogo al adoptado por él mismo para las cubiertas planas. Las líneas de puntos de la derecha indican las construcciones prescritas para determinar las principales combinaciones de este cuchillo.

Para el trazado de esta cúpula supóngase un diámetro de 13'805^m, y que el semicírculo descrito con el radio *c a* sea el perfil de la cúpula. La tangente á este semicírculo, inclinado á 45°, encuentra el eje vertical en el punto *b*, é indica el nivel de una horizontal *b d*, dando la altura de la cúpula 10'557^m, y siendo ésta la dimension del lado del cuadrado *c b d e*.

El punto *y*, en donde termina la curvatura exterior de la cúpula, está tomado igual á la cuarta parte de la longitud *b d*. El punto *z*, colocado sobre el diámetro, se determina haciendo *c z* igual á *n y*, siendo el centro del arco de círculo *y x* que forma el corte de la cúpula, de modo que el radio *z y* es igual á *c u*.

La diagonal *m u*, prolongada hasta *o* sobre el eje de la cúpula, fija la altura de la linterna; la vertical *p q* levantada desde el arranque del arco, da por su interseccion *r* con la diagonal *c d*, la altura de la cara superior del puente *g*; la cara superior del par *v* se dirige al punto *m*. El emplazamiento del segundo par *v* se determina tirando una paralela al primer par, que pasa por el punto *u* en donde la horizontal *a m* encuentra á la vertical *t s* que pasa por la arista entrante del ensamble de la primera cuerda con la solera, ó por el punto *k* dado por la interseccion de la diagonal *c n* con la cara superior del puente; el tornapunta y la pieza de refuerzo son tangentes á la curva de la cúpula, encontrándose aquélla sobre la diagonal *b e*.

La fig. 1199 es la seccion vertical de la flecha que remata la linterna.

La fig. 1200 es una planta que en sus distintas partes representa las proyecciones horizontales de la cúpula segun secciones hechas á alturas distintas. En A se encuentra la proyeccion horizontal de la cúpula con las cuerdas que forman su perímetro exterior, suponiéndose suprimida la linterna segun la seccion horizontal *b' b'* de la fig. 1198, estando formadas las cuerdas por tablas puestas de canto clavadas unas con otras. En B se suponen quitadas las cuerdas exteriores para que se vean las de la cúpula formadas del mismo modo. En C se ve la proyeccion de las cuerdas de la cúpula, de seccion cuadrada, y los refuerzos ó cadenas de la misma, suponiéndose suprimidas las de la cubierta.

D es la seccion horizontal segun *d' d'* de la fig. 1198, que sólo comprende la proyeccion de las cuerdas de la cúpula y las secciones de las piezas del entramado.

E, seccion horizontal segun la línea *e' e* (figura 1198) con las proyecciones de las partes de los cuchillos y de las cuerdas de la cubierta y de la cúpula que quedan debajo del plano de seccion.

F, seccion horizontal por un plano cuya traza es la línea *f, f* (fig. 1198). En ella sólo se ven los pasos de las piezas de los cuchillos y de las cuerdas sobre las soleras.

La fig. 1201 es una seccion de la linterna por un plano horizontal á la altura de la línea *a' a'* (fig. 1198).

La fig. 1202 es una proyeccion vertical, ó elevacion de la cúpula vista exteriormente.

CÚPULA DE LOS INVÁLIDOS. Por medio de un edicto del mes de abril de 1674, Luis XIV de Francia se declaró fundador y protector del Asilo de los Inválidos, cuya construccion habia principiado ya en 1670. Los edificios

destinados á asilo son de Liberal Bruant, y la iglesia fué construida segun los planos y bajo la direccion de Jules Mansard.

La fig. 1203 representa uno delos dos grandes cuchillos que se cruzan en el eje de este entramado, y que van acompañados de ocho semicuchillos y de doce cuchillos menores.

Las figs. 1204 y 1205 representan las proyecciones horizontales de las varias partes de este entramado, tomadas á alturas distintas.

En la fig. 1205 se ve la composicion del trazado anular formado por las soleras que reciben al entramado y cuya perfecta union impide los empujes. Este trazado descansa en el muro circular de la torre, y está tomado al nivel de la línea *a a* (fig. 1203).

La fig. 1204 representa los detalles del trazado de la cúpula.

La fig. 1206 no es más que el complemento de la fig. 1203.

La parte inferior de la fig. 1207 representa la mitad de la planta de la linterna al nivel de la línea *b b*. La parte superior representa la planta de la linterna al nivel de la cornisa *c c*.

En la fig. 1209 está representada la planta de los muros de la cúpula, y la fig. 1208 es una proyeccion vertical ó elevacion exterior de la misma.

Cúpulas de poco diámetro. La fig. 1210 es el detalle de construccion de una cúpula para un salon circular, rematando en una especie de linterna ó mirador.

La fig. 1211 representa la planta; á la izquierda se ve el plano de trazado y á la derecha, la seccion horizontal segun la línea *a b*.

La fig. 1212 es una proyeccion vertical de la torre y de la cúpula.

La figura 1213 representa una cúpula en imperial asentada en un pabellon cuadrado.

A la izquierda de la fig. 1214 se encuentra su seccion horizontal cuya traza es la línea *a a* que pasa por la cara superior del tirante (fig. 1213); á la derecha se encuentra la proyeccion de todo el entramado de la cúpula, cuya linterna está cortada por un plano horizontal segun *b b*.

La fig. 1215 es la proyeccion vertical de este pabellon.

CÚPULAS EN ESPIRAL

Se llaman así á las cúpulas establecidas en planos poligonales, pero que en vez de tener sus aristas en los planos verticales que pasan por sus ejes, tienen la forma de espirales más ó menos contorneadas.

Cúpula en espiral de Fourneau. El polígono *abcdefgh* (fig. 1216) es la planta octogonal de la cúpula á la altura de su base *mn* de la fig. 1217, que representa la elevacion y el perfil *mnvzy* de una de las aristas de una cúpula recta.

Fourneau supone que, dividiendo una cúpula poligonal recta por un cierto número de planos horizontales, todos estos planos girarán al rededor del eje vertical, y los ángulos de cada polígono girarán más allá del trayecto recorrido por los ángulos del polígono formado por el plano inmediato de seccion, de una cantidad proporcional en todos ellos.

Las curvas de las aristas en espiral pasan por los ángulos de los polígonos una vez ejecutado su movimiento, de modo que, dada la línea A B, Forneau traza por los puntos principales del perfil general un cierto número de horizontales, y por los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 en donde estas horizontales cortan al eje vertical, traza paralelas á la línea A B para formar una serie de triángulos semejantes al 1 *a o*; la base de cada triángulo da la longitud de la cuerda correspondiente al arco descrito por el ángulo de

cada polígono al efectuar su movimiento, despues de efectuado el del polígono inmediato inferior á él.

Supóngase, por ejemplo, que los puntos 1 y o que se encuentran en el meridiano proyectado en *op* (fig. 1217), se hayan confundido en proyeccion horizontal con el punto *a* (figura 1216). En este mismo meridiano, al girar el punto *a* sobre su plano á la altura *mn* (fig. 1217), recorrerá un trayecto medido por la cuerda *ao* del arco que describe, que es la que debe tomarse de *a* á *b* en la fig. 1216.

El punto 1 es la proyeccion horizontal de un ángulo del polígono al nivel *m n*, despues de efectuado su movimiento de torsion, cuya proyeccion vertical sobre la línea *u u* es el punto 1'.

Se traza luego (fig. 1216) el radio *c* 1, y con el radio 2-*v* tomado á la altura *v v* se describe un círculo; se toma la cantidad *b* 1 (figura 1217), que se aplica como cuerda de *b* á 2, sobre el arco de círculo (fig. 1216); el punto 2 es la proyeccion horizontal del ángulo del polígono á la altura *v v*, despues de efectuado el movimiento medido por el arco *b*-2, cuya cuerda es proporcional á la altura *v v* sobre *u u*, puesto que se tiene *a o* : *o* 1 :: *b*-1 : 1-2. Despues de trazado el radio *c*-2 y un círculo con un radio igual á 3-*x* de la fig. 1217, se toma sobre este círculo la distancia *d* 3 igual á 2-*c* (fig. 1217); se toma sobre este círculo la distancia *d*-3 á 2-*c* (fig. 1217); el punto 3 es la proyeccion de un ángulo del polígono al nivel *x x*, cuyo punto se proyecta verticalmente en 3' (figura 1217).

Se ve pues que, continuando de este modo, es decir, trazando en la fig. 1216 un radio para el último punto determinado, luego un arco de círculo con un radio tomado sobre la fig. 1217 al nivel del punto que deba determinarse, y tomando sobre este arco de círculo la cuerda igual á la base del triángulo correspondiente, se obtienen sucesivamente todos los puntos de la proyeccion horizontal de la curva en 1, 2, 3, 4, 5, 6 que se establecen sucesivamente, en proyeccion vertical, en 1', 2', 3', 4', 5', etc.

CONSTRUCCION REGULAR DE UNA CÚPULA EN ESPIRAL. Para que la curvatura de las aristas de una cúpula en espiral sea una hélice, es preciso que esta curva encuentre á las meridianas de la superficie de revolucion en que se encuentra inscrita la cúpula bajo un ángulo constante.

Se supondrá que la curva generatriz de la superficie de revolucion es un cuadrante de círculo y que, por consiguiente, la cúpula en espiral está inscrita en un casquete esférico, en cuyo caso las hélices de las aristas son *loxodrómicas*.

Sea (fig. 1218) un semicírculo, que será el meridiano de la esfera en el plano de proyeccion vertical cuya traza horizontal es la línea *a b* (fig. 1219); el polígono *a m n o p q*, etc., es la planta de una cúpula de 16 lados. S la cúpula no fuese en espiral, cada una de estas caras correspondientes á uno de los lados del polígono seria cilíndrica de generatrices horizontales, y las aristas resultantes de sus intersecciones, ó que les sirven de base, serian círculos máximos de la esfera, y tendrian para proyecciones horizontales las rectas *c m*, *c u*, *c o*, etc. (fig. 1219), y sus proyecciones verticales serian elipses.

Las aristas de las cúpulas en espiral, debiendo ser *loxodrómicas*, el mejor método de construccion será el siguiente:

Si cada cuadrante de círculo meridiano se desarrolla sobre su traza horizontal prolongada (fig. 1219), y siendo iguales todos los desarrollos, sus extremidades se encontrarán en un círculo *a'*, *m'*, *n'*, *o'*, *p'*, *q'*, etc. Así, siendo la línea *a' s* (fig. 1218) el desarrollo del cuadrante *a s* será igual al radio del círculo *a' m' n' o'*, etc., de la fig. 1219.

Si se supone trazada sobre la esfera una línea *loxodrómica* y que los puntos en que corta á los meridianos se tomen en los des-

arrollos respectivos $c\,m'$, $c\,n'$, $c\,o'$, $c\,p'$, etc., de estos meridianos, la curva resultante será una *espiral logarítmica*, puesto que en ambas curvas, las tangentes forman ángulos constantes, con las aristas meridianas la una y con los radios la otra.

Así pues, admitiendo que una de las aristas de la cúpula en espiral arranca del ángulo o de su base y que deba terminar en el punto 5, será preciso (fig. 1219) trazar una esfera logarítmica o'-1'-2'-3'-4'-5, entre el desarrollo $c\,o'$ del meridiano proyectado en $o\,c$, y la parte c 5' del desarrollo $c\,t'$ del meridiano proyectado en $c\,t$, intercalando entre c-5' y $c\,o'$ tantas medias proporcionales como meridianos cp', cq', $c\,r'$, $c\,s'$ se hayan trazado, bien sea por los procedimientos gráficos conocidos, ó por cálculo, ó por medio del instrumento de Descartes que se describirá luego.

Los puntos 1', 2', 3', 4' corresponden á esta *espiral logarítmica*.

Para trazar las proyecciones de la *loxodrómica*, es preciso tomar los puntos de la logarítmica sobre los cuadrantes de círculo á que correspondan, ó bien, lo que es lo mismo, determinar los planos de los círculos horizontales en que se hallan estos puntos, y para ello referir las longitudes $c\,a'$, c 1' c 2', c 3', c 4', al cuadrante $a\,b$, que da los puntos o, 1", 2", 3", 4", 5"; las horizontales que pasan por estos puntos son las trazas de los planos horizontales 1" 1", 2-"2", 3"-3", 4" 4", que cortan á la esfera segun círculos cuyas proyecciones horizontales (figura 1219) dan por sus intersecciones con el meridiano, los puntos 1, 2, 3, 4 correspondientes á la proyeccion horizontal de la *loxodrómica*.

Las caras en espiral de esta cúpula se encuentran entonces engendradas por una horizontal que, al moverse, apoya en dos *loxodrómicas* y, sea cual fuese la posicion en que se considere á esta recta, su porcion comprendida entre dos aristas *loxodrómicas* es igual á la horizontal tomada al mismo nivel, que estaria comprendida entre dos aristas de la cúpula si ésta fuese recta, y que corresponderia á la superficie de una de sus caras.

La fig. 1220 es la proyeccion vertical de una cúpula en espiral.

Este método se aplica á todas las formas que se desee dar al meridiano generador de la superficie envolvente de una cúpula en espiral, ofreciendo la ventaja sobre el sistema de Fournean que se pueden precisar los límites de la *espiral loxodrómica*, y no tener que acudir al tanteo como es necesario por aquel sistema.

INSTRUMENTO DE DESCARTES. Este instrumento es una especie de compás compuesto de dos reglas O A, O B (fig. 1221), móviles al rededor del punto O; á lo largo de estas reglas, puestas de plano en una mesa ó tablero, se colocan tantas escuadras, más una como rectas proporcionales deban determinarse. Cada escuadra toca á la precedente del lado más cercano al centro, y el ángulo recto que en cada escuadra sirve para la resolucion del problema, está formado por el lado interno del brazo mayor y el lado externo del menor. Así pues, en la escuadra (figura 1222), el ángulo recto $m\ p\ u$ es el que debe funcionar. Se concibe que, determinada la posicion de la primera escuadra $c\,a\,b$ para cierta abertura de compás, las posiciones de las demás escuadras lo estarán tambien, resultando de ello la serie de triángulos rectángulos semejantes $t\,a\,b$, $b\,c\,d$, $d\,b\,e$, $e\,d\,f$, y se tendrá: Oa : Oc :: Oc : Ob :: Ob : Od :: Od : Oe :: Oe : Of, ó bien Oa : Oc : Ob : Od ; Oe : Of, es decir, que Oc, Ob, Od, Oe son cuatro medias proporcionales entre Oa y Of.

Ahora si, por ejemplo, deben determinarse cuatro medias proporcionales entre las líneas a y f (fig. 1223), se fijará la corredera y en uno de los brazos del compás, de modo que á partir del centro la distancia Oa sea igual á la línea a, marcando en el otro brazo el punto f á una distancia del centro tal que Of sea igual á la línea f. Se abre luego el

compás haciendo resbalar todas las escuadras, de modo que apoyen unas con otras hasta que el brazo *f e* de la última coincida con el punto *f*. Las cuatro escuadras determinarán entonces las cuatro medias proporcionales O*c*, O*b*, O*d*, O*e*. Para que el contacto de las escuadras sea perfecto, se construyen de modo que el lado menor sea más grueso que el mayor, como se representa en la fig. 1224.

MIRADORES

Los miradores son torres redondas ó cuadradas que se levantan sobre los edificios.

Bastará un solo ejemplo del entramado de esta clase, habiéndose elegido la antigua torre de ocho lados de la isla de Aix, por ser una construcción completa bajo el punto de vista de la carpintería.

La fig. 1225 es una sección por un plano vertical según la línea *a b*.

En esta sección se ha supuesto un lado sin las tablas de revestimiento interior para que se pueda ver el esqueleto de la bóveda.

La fig. 1226 es una sección horizontal á la altura de la línea *d e* (fig. 1225), habiéndose supuesto que las cuerdas de la cubierta y las de relleno para la bóveda no se han colocado aún, indicándose solamente sus ocupaciones en las soleras.

La fig. 1227 es una sección horizontal de la linterna á la altura de la línea *fg* (figura 1225).

La fig. 1228 es una proyección horizontal de la cubierta con su linterna.

La fig. 1229 es la proyección vertical de la parte de la torre sobre el nivel *m n* de la plataforma del castillo ó edificio.

En algunos casos los miradores de las habitaciones feudales terminaban con flechas muy largas, acompañadas de otras que cubrían las torrecillas voladas construídas en los ángulos de la torre principal, como expresa la fig. 1230.

CAMPANARIOS

Campanarios de caras planas. La figura 1231 es la proyección vertical, y la figura 1232, la proyección horizontal del campanario de una iglesia de reducidas dimensiones.

La fig. 1233 es la sección vertical de una iglesia algo mayor.

La fig. 1234 es la planta al nivel de *a b* (figura 1233).

La fig. 1235 es la planta al nivel de *c d*.

La fig. 1236 representa un campanario cuyas aristas corresponden al centro de los muros de la torre, y en el cual las intersecciones de las caras del campanario con las aristas de la torre están formadas por piezas de arista salientes y entrantes. La fig. 1237 representa la proyección horizontal del mismo. Los detalles del entramado de este campanario están compuestos como los de la figura 1233.

La fig. 1238 representa un campanario de ocho lados visto en proyección vertical, y la fig. 1239 le representa en proyección horizontal. Las caras correspondientes á las aristas verticales de la torre se combinan con el entramado horizontal de la cubierta general formando cubiertas parciales en los ángulos.

La fig. 1240 es la proyección vertical, y la fig. 1241, la proyección horizontal de un campanario de vertientes romboidales, de modo que la cubierta aparenta apoyarse en los cuatro frontones angulares que rematan las caras de la torre. Las piezas de arista apoyan en un entramado horizontal que descansa en los vértices de los frontones. El entramado horizontal colocado al nivel de los arranques de los frontones recibe las ocupaciones de los petos. El resto de la cons-

trucción es semejante á la de la figura 1233.

CAMPANARIO QUEBRADO DE BASILEA. La figura 1242 es la proyección vertical de un campanario quebrado construído en Basilea, en Suiza, con madera de abeto; la fig. 1243 es la planta; la fig. 1244 es una sección del mismo; la fig. 1245 es la cuarta parte de la planta del entramado horizontal al nivel de la cornisa de la torre, y la fig. 1246 es la cuarta parte del entramado horizontal colocado á mitad de la altura del campanario. La punta del mismo está representado en la figura 1247.

CAMPANARIOS EN RELIEVE Ó DE ARISTAS CURVAS. Las figs. 1248 y 1249 forman la sección de un campanario de ocho caras, cuyas superficies son curvas. La construcción de estas superficies no afecta para nada á la construcción general del campanario, contorneándolas simplemente con piezas adicionales ligadas á los entramados.

La fig. 1250 representa la planta de este campanario.

La fig. 1251 es una proyección vertical de la forma exterior en la cual cuatro de sus caras se combinan con la base superior de la torre formando ángulos curvilíneos cóncavos, cuyo vértice se encuentra en la arista de dicha torre.

La fig. 1252 es la proyección vertical de un campanario de esta misma clase, cuyos entramados están ejecutados como los de la figura 1249.

FLECHAS

FLECHA RECTA DE LA CAPILLA SANTA. Las flechas tienen mucha semejanza con los campanarios de punta aguda, distinguiéndose de éstos por su mucha mayor altura.

La fig. 1253 representa la flecha de la cúpula de la Capilla Santa en París, notable por la riqueza de sus detalles y su gran esbeltez.

Estaba construída en el centro de la longitud de la cubierta, sostenida por cuchillos que, como cargaban considerablemente los muros, motivó un estado ruinoso y tuvo que procederse á su demolición, para reconstruirla después, como se ha ejecutado.

FLECHA EN ESPIRAL DE GAILLON. Esta flecha está representada por la fig. 1217, tal como la proyectó Fourneau.

La fig. 1254 es la proyección horizontal que se supone cortada por un plano horizontal al nivel de la línea $x y$ (fig. 1217); dada la altura $c s$ de la *flecha* (fig. 1217) y la altura $a b$ (fig. 1254) del círculo en donde se halla inscrita su base poligonal, se traza el desarrollo $a s b$ (fig. 1255) del cono imaginario que envuelve á la flecha, sobre el cual las rectas generatrices representan las aristas que corresponderían á una flecha piramidal plana levantada sobre una planta octogonal (fig. 1254).

Fourneau fija arbitrariamente la inclinación $a d$ que desea dar á las curvas de arista, siguiendo para su trazado el método ya descrito (figs. 1216 y 1217); pero como ya se ha dicho que por este sistema no se conoce ni el punto límite ni el número de vueltas de la hélice, es preferible emplear el método explicado anteriormente. Así pues, deseando por ejemplo, que la espiral que parte del punto a de la base del polígono encuentre á la generatriz $s a$ en el punto b' ó a (figura 1255), después de verificadas dos vueltas, la cuestión se reducirá á intercalar entre $s a'$ y $s a$ cierto número de medias proporcionales, que en este caso son 23, cuyas longitudes marcadas por los radios del desarrollo han dado los 23 puntos expresados por números del 1 al 23, correspondientes á la espiral logarítmica, que es una de las aristas de la flecha.

Desde el punto *s*, como centro, trácense los arcos del círculo que pasen por todos estos puntos, los cuales representarán, en el desarrollo, la traza de los planos horizontales á igual altura que estos mismos puntos y que cortan á la superficie cónica envolvente de la flecha según círculos. Los radios *s b*, *s c*, *s d*, *s e*, *s f*, *s g*, *s h*, *s 8*, *s i*, *s j*, *s k*, etc., se transportan, á partir del punto *s*, sobre la generatriz *s m* del cono (figura 1217), de modo que las horizontales que pasan por los puntos *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *8*, *i*, etc., serán las proyecciones y trazas de estos planos y sus intersecciones con las líneas *s m*, *s p*, *s c*, *s q*, *s n*, darán los puntos de las proyecciones verticales de las espirales, que son las aristas de la flecha piramidal en espiral.

En la fig. 1254 se encuentran las proyecciones horizontales de estas aristas, debiendo advertir que esta figura sólo sirve para completar la descripción de la forma de la flecha, no siendo necesaria para su ejecución.

Para ejecutar una flecha de esta clase, es preciso primeramente disponer de piezas cortadas en forma de hélice para formar las de arista. Para sostener estas piezas pueden seguirse dos métodos, empleando piezas radiales simplemente, ó éstas y pares simultáneamente.

1.^r método: En las figs. 1256, 1257, 1258 y 1259, la fig. 1259 representa el primer plano radial ó base de la flecha.

La fig. 1257 es el plano radial colocado al nivel de la línea *d d* (fig. 1217).

La fig. 1258 representa las curvas de aristas comprendidas entre estos dos planos.

La proyección vertical (fig. 1258), se supone hecha por un plano vertical paralelo á uno de los lados *c q* (fig. 1254) de la base de la flecha, encontrándose en *c*, *p*, *m*, *p'*, *a*, *q'*, *n*, *q'* (fig. 1259) los apoyos de las piezas de arista.

Todas las piezas de arista disminuyen de sección á medida que se van aproximando al vértice, de modo que todas las secciones horizontales dan figuras semejantes.

La pieza de arista *p v r* (fig. 1258) se proyecta horizontalmente en *p v r* (fig. 1259), y en ambas proyecciones los puntos de las cinco curvas de la pieza de madera que forma la arista se obtienen por el procedimiento descrito anteriormente. Una vez hechas las proyecciones de la arista espiral, se suponen, tanto sobre el plano vertical como sobre el horizontal, una serie de planos horizontales, en los cuales se da á la sección de la pieza que forma arista la misma figura que, en el mismo nivel, tendría una arista recta de una flecha recta igualmente.

Las piezas radiales están sostenidas por un pendolón ó aguja que va desde la cúpula hasta al vértice, como en el campanario de la fig. 1233. Como estas piezas radiales no bastan para el sostenimiento de las piezas de arista en espiral, y como además la distancia de éstas puede ser considerable, en particular en la base de la flecha, para que la solidez sea perfecta, es preciso completar el entramado por medio de cuartones verticales; mas como las superficies de los entramados en espiral son superficies alabeadas engendradas por horizontales que apoyan sobre aristas elizoidales, los cuartones deben cortarse según las secciones de estas superficies por planos verticales, que son las caras laterales de dichos cuartones, los cuales se distribuyen en toda la altura de la flecha, según 16 planos verticales por el eje, de modo que se corresponden de 16 en 16 y sostienen á las piezas de arista espirales.

La fig. 1256 representa la sección de la parte de la flecha proyectada (fig. 1258) por el plano vertical, cuya traza vertical es la línea *s* B, y la traza horizontal es la línea *c* (fig. 1259).

Los cuartones aplantillados según la sección de la superficie alabeada, están representados de perfil y están vistos de frente en la fig. 1258.

Los rectángulos *z* (fig. 1259) son las ocupaciones de los arcos de sostenimiento de la aguja, como en la fig. 1207, no indicados en la fig. 1258, para que se vean las proyecciones de las piezas de arista.

2.° *método*: las figs. 1260 y 1261 se refieren á la construcción de las flechas en espiral por medio de pares.

La fig. 1260 representa, en proyección horizontal, uno de los entramados radiales establecido á distintas alturas de la flecha, el cual ensambla en la aguja por medio de cuatro puentes y en los pares rectos por las extremidades de éstos y las de los que apoyan en los travesaños. Las secciones horizontales de los pares, al nivel del entramado radial, están representadas por los rectángulos *u*; las figuras pentagonales *w* son las secciones horizontales de las piezas de arista en espiral.

La fig. 1261 es una sección vertical de una parte de la flecha según la línea quebrada *z y* de la fig. 1260, en cuya sección está representada la aguja A, las piezas del entramado radial, un par *u*, tres secciones *w* de las piezas de arista, y los perfiles de los cuartones *e* ensamblados entre dichas piezas de arista. En esta sección se ve que estas piezas en espiral están ensambladas á cruz en los pares y reforzadas con pernos.

3.^er^ *método*: se da á los pares una forma igual al perfil de la sección vertical meridiana (fig. 1261), como el comprendido entre las curvas del perfil exterior *e w e w e* y la línea *s t*; como las piezas de arista principian en el arranque de la flecha y terminan en su vértice, están formadas de varias piezas ensambladas unas á continuación de otras en las caras de estas mismas piezas de arista; las partes de sus curvas se encuentran así comprendidas entre las caras de los pares.

La forma en espiral de esta flecha está engendrada por la torsión ó arrolladura en espiral del eje de un cono recto de base circular, al rededor de otro cono, de modo que á causa de esta transformación en flecha en espiral los centros de los círculos horizontales de la superficie del cono recto se encuentran sobre la espiral trazada sobre el cono recto interior. Así, sea *s s* (fig. 1262) el vértice común de dos conos, el uno *a s b*, que es la proyección de la flecha recta cuyo eje vertical es la línea *s c* y cuya base es el círculo *m* (figura 1263); el otro *d s e*, cuya base es el círculo *n*.

El círculo *p* trazado en el cono recto á la altura *v x*, se transporta al mismo nivel, en *p' p* sobre la flecha en espiral, encontrándose su centro en el punto *z*, y cortando el plano *v x* á la hélice trazada sobre el cono interior.

La flecha en espiral puede estar formada también por un cono cuyo ancho va en disminución, arrollado sobre el cono recto, según la línea en espiral que determine aristas entrantes; en este caso, los cuartones darían para secciones verticales arcos de curva convexa, como *m*, *p*, *n* (fig. 1256), ó para secciones horizontales arcos de curva *x*, *y z*, (figura 1267); podrían dar igualmente arcos cóncavos *n*, *o*, *r* (fig. 1267), ó arcos de curva convexa ó cóncava alternativamente.

Se ve pues la posibilidad de cambiar de varios modos estas curvas, llamadas en pendiente y cuyo estudio puede facilitar notablemente la construcción de las flechas y las cúpulas en espiral.

Atalayas. En la Edad Media se daba este nombre á una torre cuadrada, en la cual se colocaba un centinela para poder dominar con la vista todas las casas de la población, y estando encargado de tocar á alarma en los casos necesarios.

La fig. 1265 representa la planta de uno de estos campanarios cuadrado para cuatro campanas. La fig. 1264 es una sección vertical según la línea *a b*, y la fig. 1266 es otra sección según la línea *c d*.

Esta atalaya está compuesta de seis piederechos ó montantes *e* algún tanto inclina-

dos que sostienen los durmientes *m n* en que descansan las sobrecarreras *o* de apoyo de las campanas; en el centro de los durmientes *m* se coloca un pie-derecho *p* para consoli darles, y el conjunto se refuerza con tornapuntas y cruces de san Andrés.

Debe procurarse colocar las campanas de un mismo calibre á un mismo lado y sus ejes en el mismo sentido, para que las vibraciones resultantes del volteo tengan lugar en el mismo sentido también. Los durmientes deben estar colocados de modo que, al girar las campanas sobre sus ejes, no puedan encontrarse.

CAPITULO XXXVII

ESCALERAS

La escalera es la parte del edificio que da acceso á los pisos, y está formada por *gradas* ó *escalones*, que son una serie de planos verticales y horizontales combinados.

En la época romana las escaleras se hacían muy estrechas, empleando la forma recta ó la de caracol.

Colocada en el interior de un edificio, jamás la consideraron como objeto de decoración, atendiendo solamente á su utilidad. Además, con el fin de que no interceptara aberturas, éstas las practicaban después de construída aquélla, aunque no coincidieran con las del resto del edificio.

NOMENCLATURA DE LAS PARTES DE UNA ESCALERA. Según el destino que se da á una escalera y la forma del espacio en donde se establezca, llamado *caja,* se compondrá de partes rectas ó curvas, ó de ambas á la vez.

A la pieza de madera vertical que sirve de apoyo común á todos los peldaños de una escalera ó á algunos de ellos solamente, se la llama *espigón* de escalera.

Las piezas de madera inclinadas que sostienen los peldaños se llaman *marcos*.

En Madrid se colocaba antiguamente en los ángulos del ojo de la escalera unos pie-derechos de suficiente escuadría para resistir el peso de los peldaños, los cuales descansaban en piezas de sillería y de uno á otro pie-derecho ponían una pieza inclinada llamada *zanca* unida á caja y espiga en los pie-derechos, á la cual daban la inclinación ó rampa necesaria. Los peldaños eran también de madera é iban incrustados ó ensamblados en las zancas; mas como este conjunto no presentaba muy buen aspecto, hoy día no se usan los pie-derechos, empleándose el sistema de zancas solas.

Rodapié son las piezas de hierro ó de madera que forman el ojo de la escalera, por lo tanto, están situadas en el interior de la caja; por el otro lado, los peldaños están sostenidos en las paredes de la caja ó en *falsos rodapiés* incrustados en ellos.

El espacio hueco correspondiente al centro de la caja y que, en proyección horizontal se encuentra limitado por los rodapiés, se llama *ojo de escalera*, que es por donde se distribuye la luz zenital que la ilumina.

Sea cual fuere el medio por el cual se desarrolle una escalera valiéndose de rodapiés ó de zancas, y sea cual fuere también la inclinación de estas rampas, el rodapié tiene un grueso vertical y un grueso horizontal constantes, de modo que el sólido que forman, bien sea rectilíneo ó curvilíneo, se puede considerar como engendrado por un rectángulo vertical.

La fig. 1268 es la representación de este rectángulo cuyas dimensiones pueden variar para varias escaleras, según la resistencia que deba darse á los rodapiés en razón al ancho de las escaleras y al peso que deban soportar.

En los diseños que se tracen para la construcción de una escalera, se supone siempre que el rodapié está engendrado, como se acaba de decir, por un rectángulo vertical y perpendicular á la dirección de dicho rodapié.

En la generalidad de los casos se destruye la aridez de las aristas de los rodapiés, moldurándolas de varios modos, como indican las figs. 1269, 1270, 1271.

En las escaleras cuyos rodapiés tengan un ancho desmedido, además de las molduras de las aristas, se les decoran las caras correspondientes al ojo de escalera, por medio de molduras vaciadas en ellas, como se ve en la fig. 1272.

La parte superior de un peldaño considerada con relación á su ancho, se llama generalmente *huella*.

Las *contrahuellas* ó *frentes*, son los paramentos verticales de enfrente de los escalones ó peldaños.

Línea de marcha, es la línea por donde marcha la persona que sube ó baja la escalera, apoyándose en la barandilla.

En las escaleras estrechas esta línea ocupa el centro del ancho de la escalera.

Tramo, es el conjunto de escalones interrumpidos á trechos.

Peldaño ó *escalón*, es cada grada de la escalera. En las de caracol, como tienen la forma radiada, se les llama *tramos de abanico*.

Pasillo ó *descanso*, es un espacio mayor que el de los peldaños, que sirve para dividir el desarrollo de la escalera en tramos, pudiéndose descansar en ellos, para dar acceso á las puertas de los varios pisos ó para unir varias partes de un mismo piso.

Cuando un pasillo va de un lado á otro de la caja de escalera, recibe el nombre de *pasillo corrido*.

Se llama *peldaño de pasillo* al último de un tramo y que, por lo tanto, forma parte de él.

En todo peldaño se distinguen tres dimensiones: la longitud, la latitud y la altura.

Las escaleras reciben varios nombres relacionados con los servicios que deban prestar. Las hay llamadas de *desahogo*, que sirven sólo en casos especiales, como en un teatro, por ejemplo, en donde se construyen escaleras que sólo se emplean en casos de muchísima aglomeración de gente, para poder facilitar con más desahogo la salida.

Las escaleras *secretas* que, siendo interiores, sirven únicamente para comunicarse las personas exclusivamente del despacho.

Las de *servicio*, que sirven únicamente para las atenciones domésticas.

Escalera de mano. La escalera más sencilla que se conoce es la llamada *de mano*, que está formada por dos largueros ó brazos, en los cuales se clavan una serie de listones ó travesaños colocados equidistantes, para apoyar en ellos los pies.

Esta escalera, formada por un sólo tramo, se utiliza poniéndola inclinada y apoyando su parte superior en el muro; mas si es necesario ponerla aislada, entonces debe emplearse la *escalera doble de mano*, es decir, que se forman dos escaleras sencillas iguales, unidas por su parte superior por medio de visagras.

Las escaleras de mano sencillas no siempre se apoyan por simple descanso, sino que

es necesario á veces suspenderlas en barandillas ó ventanas, en cuyo caso se colocan en la parte superior de los largueros unos ganchos de punta fina, para que se claven en ellos.

Las hay también que se sostienen aisladamente sin ser dobles, las cuales generalmente se emplean para pocas alturas, y pueden doblarse, sin embargo; las de esta clase acostumbran á tener los peldaños planos, y se apoyan en uno ó dos largueros sin peldaños.

Rampa de escalera. Esta se compone de una tabla gruesa, puesta inclinada y sobre la cual se van clavando de distancia en distancia listones para apoyar los pies en ellos é impedir que resbalen.

La fig. 1269 es el perfil de una escalera de esta clase.

Escalera de mano, de molinero. Esta escalera está formada por hiladas horizontales de tablas unidas á tablones combinados y ensamblados, colocándose más ó menos tendidas, según sea el espacio de que se disponga.

Pueden ser anchas ó estrechas, pero la latitud mínima suele ser de $0'60^m$, que basta para el paso de una persona.

La fig. 1270 representa la proyección de una escalera de esta clase, en la cual se han representado varios sistemas de ensamble de los peldaños con los largueros.

La fig. 1271 es una sección de escalera de esta clase, en donde los largueros se cortan, siguiendo la forma de los peldaños.

Condiciones que deben tenerse presentes al proyectar una escalera. 1.ª Establecer una comunicación con todos los pisos.

2ª. Que el espacio ocupado por la escalera esté en armonía con la importancia del edificio.

3ª. Calcular la escalera de modo que cuando esté desarrollada, coja los tramos necesarios, con los descansos indispensables, sin que sea fatigosa.

Proporción de los peldaños. Como ya se ha dicho, los peldaños tienen tres dimensiones: largo, ancho y alto. El ancho y alto deben calcularse de modo que la escalera sea cómoda; así pues, si el plano inclinado que pasa por todos los peldaños es muy inclinado, la escalera será de más fácil acceso que si no lo es tanto.

En las escaleras antiguas los peldaños tenían la proporción de 3 : 4, lo cual daba un rectángulo en donde $3^2 + 4^2 = 5^2$, ó $9 + 16 = 25$, resultando una escalera muy cansada.

En este caso, si la altura de un peldaño crece, también crece su huella, lo cual es un absurdo; y lo natural y lógico es que á mayor altura haya menor huella, y á mayor huella menor altura.

Scammozzi dió dos relaciones para calcular los peldaños: la primera de 1 : 2, que viene á ser casi la misma que la anterior, si bien ofrece una escalera no tan cansada; la segunda relación es la siguiente: Constrúyase un triángulo equilátero (fig. 1272) en el cual la base AC sea igual á la altura del peldaño, ó $AC = 2h$; bájese la altura AD, y ésta será la dimensión de la huella; pero en este caso resulta también el mismo contrasentido, puesto que se tiene:

$$BD = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{AD}^2} = \sqrt{2^2 - 1^2} = \sqrt{4 - 1} = \sqrt{3}$$

lo cual da:

$$1 : \sqrt{3} = 1 : 1'732$$

La teoría de Blondel es más exacta. Blondel ha dicho: dos veces la altura del peldaño, más la huella igual á dos pies, que supone ser el paso del hombre.

Modernamente, fundados en esto, se ha dicho que, andando el hombre naturalmente y sin esfuerzo, la longitud de su paso se considera de $0,65^m$.

Si en vez de andar sobre un plano hori-

zontal lo hace sobre un plano inclinado, cuanto más lo sea más corto será el paso, hasta que al llegar á un plano vertical se calcula que el paso queda reducido á la mitad, considerando siempre que el esfuerzo sea análogo al que haría marchando sobre el plano horizontal.

De aquí, pues, la fórmula de Blondel se convierte en esta otra:

$$2h+l=0'65$$

esto es: dos veces la altura más la huella, es igual al paso del hombre.

En esta fórmula se tienen las dos cantidades h y l, que, dada la una es fácil despejar la otra, de modo que fijando valores á la altura, éstos deben estar comprendidos entre el máximo 0,19, y el mínimo 0,11.

Atendiendo al mínimo, y sustituyendo valores, se tiene:

$$2\times 0'11+l=0'65 \qquad 0'22+l=0'65$$
$$l=0'65-0'22 \qquad l=0'43$$

El máximo da:

$$2\times 0'19+l=0'65 \qquad 0'38+l=0'65$$
$$l=0'65-0'38 \qquad l=0'27$$

resultando en ambos casos un peldaño muy cansado.

Para que los peldaños sean cómodos, la práctica ha dado las alturas de 0'16 y 0'17, que dan, en el primer caso, una huella de 0'32, y en el segundo 0'31.

Si se trata de escaleras monumentales, se dará una altura algo menor para poder hallar mayor huella.

La longitud de los peldaños no tiene nada que ver con el cansancio ó comodidad de la escalera; sólo depende de la importancia de la construcción.

En edificios particulares suele hacerse para dos personas que se cruzan, una subiendo y otra bajando, y en edificios públicos debe estar en armonía con la grandiosidad del mismo, con su carácter y espacio disponible.

Escalera llamada de repetición. A pesar de lo que se acaba de decir, se ha inventado una clase de escaleras de uso muy frecuente y no tan incómoda como la llamada de molinero, representada en proyección horizontal (fig. 1273); en perfil por la línea *a b* (figura 1274) y en alzado ó de frente (figura 1275).

El ancho de esta escalera está dividido en dos rampas cuyos peldaños son iguales, teniendo doble altura que los ordinarios, y están dispuestos de modo que cada peldaño de una rampa corresponde al centro de la altura de cada peldaño de la otra rampa, de modo que el que sube ó baja utiliza los peldaños de una rampa para un pie y los de la otra para el otro pie.

También se las construye con tres rampas, en cuyo caso á los peldaños del centro se les da doble longitud que á los de los lados.

ESCALERAS ANTIGUAS

Escalera de caracol con espigón. Antiguamente, cuando además de la planta baja se principiaron á formar pisos, las escaleras daban acceso á ellas por medio de rampas, ó voladizos inclinados rectos, que, en algunos casos también se establecían al exterior, como aun hoy día se ven algunos ejemplos de ello en algunas poblaciones.

Más tarde se trató de cubrir estas escaleras, viéndose entonces que había necesidad de prolongar mucho las cubiertas con este objeto y dar además un desarrollo considerable á los muros para cerrarlas, por cuyo motivo se las construía en forma de caracol dentro de una torre exterior, y en el centro se colocaba un pie derecho ó espigón de sección circular ó cuadrada que desde el piso subía verticalmente hasta la cubierta, y

en el cual se ensamblaban las extremidades de los peldaños, entregando las otras extremidades opuestas en los muros que formaban la caja.

Las figs. 1276, 1277, 1278 y 1279 representan las proyecciones de escaleras de esta clase.

ESPIGÓN HUECO. Las fig. 1280 y 1281 representan los detalles de una escalera de caracol cuyo espigón es hueco y está formado por una pieza en espiral. La fig. 1282 es una sección por un plano vertical *c r* que pasa por el eje (fig. 1280).

ESCALERAS DE DOS Y DE CUATRO ESCALONES. Las figs. 1283 y 1284 son las plantas de escaleras construídas con dos espigones.

Las figs. 1285 y 1286 lo son con cuatro espigones.

La fig. 1287 es la planta de una escalera antigua de dos espigones, con los detalles de su construcción; *m n f h* es el perímetro de la caja.

La fig. 1288 es una sección de esta escalera, por un plano vertical según la línea A B de la planta; *b d* son las dos piezas verticales que forman los espigones, las cuales descansan en la zapata *t*; *c* y *c'* son los rodapiés en donde ensamblan los peldaños, y á su vez ensamblan á caja y espiga en los espigones.

Esta escalera consta de tramos rectos y tramos radiados ó de caracol que, según convenga, pueden sustituirse con pasillos ó descansos.

El primer rodapié *c* recibe los peldaños 1, 2, 3 y 4 del primer tramo. El segundo *c'* recibe los peldaños 12, 13, 14 y 15 del segundo tramo. Los peldaños 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, que forman el caracol entre el primero y el segundo tramo, apoyan en el espigón *b*.

Los ensambles de los peldaños 1, 2, 3, 4, 12, 13, 14 y 15 son por entregas de 0'03 de profundidad en los rodapiés, según la extensión del perfil de cada peldaño, de modo que en él apoya toda la punta del peldaño.

Los peldaños radiados 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 penetran de 0'03 igualmente en el espigón.

Si en vez de un tramo radial se tuviese que formar un pasillo ó descanso *p f h g*, éste se encontraría al nivel del peldaño 5 y la viga que le formase debería alcanzar todo el ancho de la caja, de *p* á *g*, sosteniéndole por medio de viguetas ensambladas en dicha viga y empotradas en el muro *f h*.

Los peldaños de los tramos rectos tienen todos un ancho igual, mas no así los radiados, que tienen la forma de abanico, y por lo mismo son más estrechos en la parte del espigón y mucho más anchos en el otro extremo; sin embargo, en la línea de marcha todos los anchos son iguales, midiéndose en la parte radial por las cuerdas de los arcos que deben ser iguales á los anchos de los peldaños rectos.

En los casos en que deba economizarse madera ó se desee no cargar tanto las escaleras, en vez de formar los peldaños con viguetas se les construye con tablas, como indica el perfil (fig. 1289).

La huella *m* está formada por un grueso de tablón; los frentes *n* son tablas puestas de canto ensambladas en toda su longitud á ranura y espiga en las huellas.

También se prescinde de las ranuras y espigas, y la unión se hace por medio de listones (fig. 1290).

Estas huellas y frentes se ensamblan en los rodapiés *p*, del mismo modo que los peldaños macizos. Para que al subir ó bajar la escalera, las vibraciones de los peldaños no puedan ocasionar la rotura de los revoques *t* que se dan debajo de las rampas, como sucede cuando las latas van clavadas debajo de los peldaños, se establecen una serie de viguetas *s* que ensamblan por un extremo en los rodapiés, y por el otro se introducen en el muro. La escalera de las figuras 1280

y 1281 está construída de este modo, sólo que en vez de ser paralelos los peldaños son radiados.

Los detalles de construcción de las escaleras de cuatro espigones son exactamente los mismos, sólo que en atención al hueco que queda en el interior de la caja, entre los cuatro espigones y los rodapiés que ensamblan en ellos, los entramados formados por estos espigones tomados de dos en dos y los rodapiés comprendidos en ellos, sólo dan apoyo á los peldaños por el lado opuesto al hueco de que se trata, y en vez de estar redondeados los espigones en dos de las aristas de la pieza, lo están en la arista correspondiente al tramo radial ó á los pasillos ó descansos correspondientes á los ángulos de la caja (fig. 1286).

Las escaleras de cuatro espigones no siempre se construyen en cajas de planta cuadrada, puesto que siendo generalmente la caja más larga que ancha, y siendo esta dimensión un poco mayor que el espacio necesario para el ancho de las dos rampas apoyadas en un solo entramado, se forman entramados separados, como en el caso de la escalera cuya planta está representada por la fig. 1291, obligando entonces á construirla sobre cuatro espigones, con rodapié en los ángulos ó tramos radiales.

Puede también ocurrir que, en atención al ancho que desee darse á las rampas ó tramos, la separación de los dos entramados sea demasiado pequeña para poder establecer dos espigones separados en cada extremo y demasiado grande para establecer uno solo; en este caso, se construyen espigones huecos como los representados en la figura 1292. Esta disposición es tal que el rodapié del primer tramo *a* ensambla en una de las caras planas del espigón *b*, mientras que el rodapié del otro tramo *c* ensambla en la otra cara.

La práctica ha demostrado que no es necesario que el espigón sea continuo desde su apoyo hasta la cubierta, puesto que bien sea que los pasillos ó descansos atraviesen las cajas de las escaleras, ó que sólo ocupen los ángulos, pueden sostener fragmentos de espigón que reciban los ensambles de los tramos, dándoles apoyos sólidos ó arqueándoles, lo cual da lugar á suprimir el espigón en los intervalos comprendidos entre los ensambles de los rodapiés, como de *m* á *n* (figura 1288). Las extremidades superiores é inferiores de las partes de los espigones que quedan en la obra se decoran entonces según el gusto del constructor.

Esta misma disposición puede emplearse para las escaleras de cuatro espigones, de las cuales los espigones parciales pueden tener solamente la longitud necesaria para recibir los ensambles de los rodapiés de dos tramos contiguos.

También se la emplea en los casos de espigones huecos, habiendo llevado á la construcción de las escaleras de rodapiés curvos en pendiente de que se va á tratar.

ESCALERAS MODERNAS

ESCALERA CON RODAPIÉ CONTINUO SIN ESPIGÓN. Sea A B D E (fig. 1293) el rectángulo que forma una parte de la caja de una escalera desde la línea A E que marca el emplazamiento del borde del primer peldaño, y también el ancho del pasillo ó descanso del primer piso en donde termina la escalera empleando 23 gradas de 0'162^{m} de alto, y siendo la altura del piso desde el nivel del suelo de 3'736^{m}. De esta primera condición resulta que el emplazamiento de la línea de marcha 1-2-3-4-5-6-7 queda determinado, por cuanto para que la altura y ancho de los peldaños guarden la relación de 1 : 2 que

se señala, es preciso que su desarrollo sea de 7146ᵐ.

Valiéndose del tanteo, se ve la imposibilidad de poder cumplir con la condición establecida ni con dos ni con tres tramos, á menos que se reduzcan de un modo tal los anchos, que resultaría una escalera inaccesible; por lo tanto su construcción deberá constar de dos rampas solamente unidas por un tramo radial; y como es indispensable que todos los anchos de los peldaños sean iguales, el centro de los peldaños radiados se encontrará necesariamente en el punto C, y en C′ si es necesario establecer otro tramo radial.

Dando á los peldaños el ancho de 0'325ᵐ, del punto 1 al punto 7 dará 6 anchos de grada recta que, unidos á los del otro tramo y contando la de pasillo, se unan 13 peldaños, de modo que el tramo curvo deberá constar de 10 peldaños. Como éstos deben tener el mismo ancho que los de tramo recto sobre la línea de marcha, se deduce que el semicírculo 7-12-17 debe tener un radio tal que se le pueda inscribir un semipolígono regular de diez lados de 0'325ᵐ cada uno. Dividiendo el semicírculo M P N en diez partes iguales, cada uno de los puntos de división *a*, *b*, *c*, *d*, P, *e*, *f*, *g*, *h*, corresponde á un radio sobre el cual debe encontrarse un ángulo del polígono que marcará la posición de un peldaño.

Haciendo pues sobre la cuerda M *a*, M *v* =0'325ᵐ ancho de un peldaño, y trazando una paralela *v u* al peldaño recto, su intersección con la línea *a* C determina la longitud del radio C 8 del círculo en el cual se halla inscrito el polígono de la línea de marcha, cuyos lados 7-8, 8-9, 9-10, etc., son iguales al ancho del peldaño.

Debe observarse que si los peldaños radiales cuyos emplazamientos están indicados en 8, 9, 10, 11, 12, etc., se dirigiesen al centro según las líneas 8-*a*′, 9-*b*′, 10-*c*′, etc., los anchos de los peldaños próximos al rodapié serían muy reducidos para apoyar en ellos los pies en los casos obligados. Si se desarrolla el paramento del rodapié (figura 1294), se encuentra del punto 3′ al punto *m* una línea recta en pendiente según la relación de la altura con el ancho de los peldaños; siendo la base 3′ *m*′ igual á cuatro anchos de los peldaños rectos del primer tramo, es decir, á la parte 3′ *m* del rodapié (figura 1293), y siendo la altura *m m*′ igual á la de los cuatro peldaños, se encuentra luego otra línea recta (fig. 1294) de *m* á *m*′ en pendiente también, pero mucho más rápida, al igual que la hélice que desarrolla, siendo *m p n* el desarrollo del rodapié curvo y teniendo por altura la de los 9 peldaños. En cuanto al rodapié *n*′ *o*′, este tendrá la misma inclinación que el primero.

Se ve pues que si el rodapié debe seguir la inclinación que den los peldaños construídos en esta forma, la figura resultante sería quebrada según las tres líneas 3′ *m*′, *m*′-*n*′, *n*′-*o*′, y de un aspecto poco agradable; por este motivo lo que procede es desviar la dirección de un cierto número de peldaños para que el paso de la rampa recta á la curva no sea brusco.

Dos son los métodos que se siguen con este objeto; por el cálculo el uno y por un procedimiento gráfico el otro.

Por el primer método se fija la posición del peldaño de un tramo recto que limita el espacio en donde se operan los cambios de dirección, sin variar para nada la correspondiente al punto *p*′ que es el centro del tramo curvo.

Supóngase, por ejemplo, que se trate de repartir la convergencia de los peldaños entre el 4-4′ y el 12-*p*′, se deben distribuir ocho espacios á lo largo de la zanca (no debe confundirse el rodapié con las zancas, por ser éstas partes sustentantes y aquél parte sustentada), que irán creciendo desde el punto 12 al punto 4′, según una ley de progresión uniforme; por ejemplo, según una

progresión aritmética compuesta de 8 términos, cuya suma sea igual á la longitud *p*-4'.

Supóngase que el desarrollo de *p*-4' sea de 1'787^{m}, cuya longitud es igual al ancho de los tres peldaños 4, 5, 6 del tramo recto, igual á 0'325^{m}, y á los 5 anchos menores de los peldaños 7, 8, 9, 10 y 11, de 0'162^{m} cada uno.

Restando de estas cantidades. . .	1'787^{m}
la suma de los anchos de los 8 peldaños, si sólo tuviesen 0'162^{m}. .	1'299^{m}
la diferencia. . . .	0'488^{m}

deberá dar los aumentos en progresión aritmética de los ocho peldaños, suponiendo que dichos aumentos sigan la ley de los números naturales 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. La suma de todos ellos será igual á 36; dividiendo pues la diferencia 0'488^{m} por 36, el cociente 0'013^{m} será el primer término de la progresión; así pues, los peldaños tendrán en contacto con la zanca los anchos siguientes:

La línea		11'	—	*p'*	=	0'175^{m}
id.	—	10'	—	11'	=	0'189^{m}
id.	—	9'	—	10'	=	0'203^{m}
id.	—	8'	—	9'	=	0'217^{m}
id.	—	7'	—	8'	=	0'230^{m}
id.	—	6'	—	7'	=	0'244^{m}
id.	—	5'	—	6'	=	0,257^{m}
id.	—	4'	—	5'	=	0'272^{m}

Luego la suma es igual á 1'787^{m}, desarrollo de la línea 4'-*p'*.

Se toman estos anchos á escala, y se transportan al desarrollo de la fig. 1294 á los niveles correspondientes á los peldaños, suponiendo que el punto *p'* es el que sigue al peldaño 12, y los puntos así determinados corresponden á la curva que forma la zanca.

Este método tiene el inconveniente de no poder dar á la curva la forma que se desee, y como se la determina por puntos, no es posible trazarla sin que haya garrotes ni inflexiones que no le dan muy buen aspecto, por cuyo motivo es preferible el método gráfico, en atención á que el punto más importante consiste en dar al rodapié una curvatura bien determinada y limpia, por ser su desarrollo la parte más vista de la escalera.

Sea (fig. 1294) la línea quebrada 3'-*m' n' o'*, que representa las tres pendientes de la zanca, á saber: las partes 3'-*m' n' o'* que corresponden á las zancas de los tramos rectos, y la parte *m'*-*n'* que corresponde á la zanca del tramo curvo.

Levántese una perpendicular *p y* á este último por su punto medio *p'*; tómese sobre la primera rampa, de *m* á *u*, una longitud igual á *m'*-*p'*; por el punto *u* levántese una perpendicular *u z* al tramo 3'-*m'*. La intersección de estas dos perpendiculares dará el centro de un arco de círculo, tangente en *u* y en *p'* á los lados del ángulo *u m' p'*; haciendo lo mismo con relación al ángulo *p' n' o'*, se obtiene la escocia *u m'' p n'' o'*, que forma la arista de la zanca, siendo al propio tiempo una línea continua bien determinada. Esta línea está interceptada por horizontales que indican los niveles ó alturas de la parte superior de los peldaños; correspondiendo siempre el punto *p'* al segundo peldaño, se toman todos estos puntos sobre el plano, y se obtienen los puntos 5', 6', 7', 8', 9', 10' y 11' (fig. 1293) que indican definitivamente las posiciones de los peldaños y los puntos de sus ensambles con la zanca. Por este mismo procedimiento se obtienen á la derecha del punto *p'* los puntos 13', 14', 15', 16', 17', 18', 19' y 20'. Con relación al peldaño 23, que es un peldaño de descanso, se la contornea por medio de un arco de círculo *x y*, que se cruza á ángulo recto con la zanca.

La fig. 1295 es una proyección vertical de la escalera por un plano paralelo á la línea A E de la fig. 1293.

La fig. 1296 es otra proyección vertical de la misma escalera por un plano vertical,

según la línea P Q de la fig. 1293, comprendiendo únicamente la parte correspondiente á su basamento.

Son varias las operaciones gráficas para la construcción de esta proyección. La voluta y la zapata son las partes que ante todo deben determinarse una vez trazada la forma general de la escalera, y de la cual se tratará luego.

La fig. 1296 es la proyección de los peldaños y de la zanca recta. Los peldaños se trazan tal como si fuesen vistos á través de la zanca. La superficie superior de ésta se encuentra sobre los peldaños, y la superficie inferior queda debajo de ellos, de una cantidad constante para todo el desarrollo de la escalera.

A estos peldaños se les llama peldaños *llenos* por ser de una sola pieza. Cada uno de ellos cobija horizontalmente á su inferior de unos 0'054^{m}, y apoya por una junta perpendicular á la superficie de debajo de los peldaños. Esta superficie es un plano para cada tramo recto, y es una superficie alabeada para la parte inferior del tramo curvo.

En esta fig. 1296 la pieza A es la zanca, y la pieza B la zapata; en las escaleras bien construídas esta zapata y la voluta se forman de una sola pieza. La zanca ensambla en esta pieza, dando la junta *m o n*, por medio de una espiga *m' o' n'*.

Para que la zanca se sostenga y esté bien ligada con la zapata, se les ensambla un pequeño montante E. El primer peldaño R está sólidamente entregado en el muro de cimentación, de unos 0'027^{m} más bajo que el piso de la caja de escalera, para darle mayor solidez. Para consolidar aún más esta zapata, se le deja debajo un saliente de 0'027^{m} á 0'054^{m}, que penetra en un rebajo practicado en la parte superior del primer peldaño, representado en *y z* y *x z* (figuras 1295 y 1296).

Para construir la parte de la zanca correspondiente al tramo curvo, se toman sobre la fig. 1293 las distancias horizontales al plano vertical, cuya traza es la línea P Q en ambas figuras, midiendo las alturas por las de los peldaños, á cada una de las cuales se añade, tanto á la parte superior como á la inferior, las cantidades iguales correspondientes.

Las superficies superior é inferior de la zanca están engendradas por una horizontal que va subiendo, apoyándose en la curva comprendida en la superficie de la zanca que recibe á los peldaños, cuyo desarrollo está representado en la fig. 1294, cuya recta permanece normal siempre á la superficie vertical de la zanca. De ello resulta que en cada generatriz C *m*, C *n*, se forman garrotes á causa del cambio brusco de la zanca recta á la curva, lo cual en la práctica se corrige dejando más madera en este punto para labrarlo después de la unión.

Estos garrotes pueden evitarse, sin embargo, construyendo para la superficie interior de la zanca, curvas de igualación, por el estilo de la de las fig. 1294, bien sea por medio de arcos de círculo ó por arcos de elipse, cuidando que los puntos de contacto de las igualaciones con las líneas de pendiente de la zanca se encuentren al mismo nivel, de modo que las superficies superiores é inferiores de la zanca podrán engendrarse también por una línea que permanecerá horizontal siempre y que apoyará en las dos aristas de la zanca, sin que pase para nada por el eje correspondiente al punto C. Compréndase bien que la curva que se supone trazada en la superficie interior de la zanca, se puede deducir de la trazada en la superficie contigua á los peldaños, construyendo los puntos que se encuentren en las prolongaciones de las líneas correspondientes á estos peldaños.

Tocante á las juntas de unión de las varias partes de la zanca, la proyectada verticalmente en *a b c d* (fig. 1295) se proyecta horizontalmente en 12$''$ (fig. 1293); la junta

Z se deduce de su representación en el desarrollo de la fig. 1294 en *a e i k*.

El peldaño 23 es un peldaño de descanso cuya extensión alcanza de C á A, y recibe los ensambles de las viguetas que forman dicho descanso; mas si la escalera debiese continuar, recibiría el peldaño 24, que sería el primero del tercer tramo recto.

La superficie inferior de la escalera que forma el caracol, en todos los puntos en donde los peldaños dejan de ser paralelos entre sí, es una superficie alabeada que sigue la ley de las posiciones de los peldaños; su intersección con los muros de la caja se proyecta verticalmente en *m p n* (fig. 1295), por medio de las horizontales de la superficie.

Las únicas piezas que ofrecen alguna dificultad en la ejecución de una escalera son las curvas en pendiente, que son las partes de la zanca correspondientes á los tramos curvos que reciben los ensambles de todos los peldaños radiales.

VOLUTA DE LA ZANCA Y PRIMER PELDAÑO. El primer peldaño de una escalera se construye generalmente de piedra dura, en particular si el pavimento de la caja es de baldosas ó adoquines.

Este primer peldaño, que forma parte de la zapata de la escalera y le sirve de asiento, recibe á la voluta que marca el arranque de la zanca. Para su trazado podría emplearse la espiral logarítmica ó la espiral de Arquímides ó la espiral de círculo desarrollada; mas como se la debería determinar por puntos, se prefiere formar la voluta para la reunión de varios arcos de círculo, cuyo método puede aplicarse para imitar un sinnúmero de curvas.

Para ello se opera como para la construcción de la voluta empleada en los capiteles del órden jónico; y como cuanto mayor sea el número de arcos de círculo que la formen más elegante, será la curva, en vez de trazarla con cuatro arcos de círculo descritos con cuatro centros, se la hará constar de diez.

Para que la voluta vaya convergiendo con toda exactitud, es indispensable que su contorno exterior encuentre tangencialmente á su contorno interior en el punto límite. Así pues, la curva *m a b c d e f g* debe encontrar tangencialmente á la curva *n g* en el punto *g*, después de dada una revolución entera que principie en el punto *m*.

Como esta curva, llamada *ciclo espiral*, debe estar compuesta de seis arcos de círculo de 60°, es preciso, igualmente, para que la disminución de los radios sea regular, que los seis centros estén tomados en los ángulos de un exágono, y que estos mismos radios vayan decreciendo uniformemente de una cantidad constante después de trazado cada arco de 60°; y como la diferencia del primero al último radio debe ser igual á *a g* ó á *m n*, se deduce que el decrecimiento del radio para cada arco es igual á la sexta parte de *a g*, y el lado del exágono 1-2-3-4-5-6, en cuyos ángulos deben encontrarse los centros, es también igual á esta sexta parte. Construído que sea este exágono, se le traslada al lugar que se juzgue más conveniente según el grueso que se desee dar á la voluta, cuidando, sin embargo, que la línea *a o* forme un ángulo de 60° con la dirección de los peldaños, ó de 30° con la de la zanca.

En la fig. 1297 la línea *a o* está trazada para que corte la dirección del tercer peldaño en *o*, de modo que *n o*=*m n*; y habiendo descrito los arcos *m a*, *n*, *g*, que forman una parte de la voluta, el punto 1 del exágono se ha determinado haciendo *g*-2 igual á la cuarta parte de *g o*.

Trazado el exágono 1-2-3-4-5-6 y prolongados sus lados, el arco de círculo *a b* se describe haciendo centro en el punto 2, el arco *b c* desde el punto 3, el arco *c d* desde el punto 4, el arco *d e* desde el punto 5, el arco *e f* desde el punto 6 y el arco *f g* desde el punto 7. Es evidente que disminuyendo cada radio de un sexto del ancho *a g* de la zanca, el último arco de círculo debe

necesariamente pasar por el punto *g*. Es igualmente evidente que esta curva *ciclo espiral* podría obtenerse también por medio de un hilo que se desarrollase sobre el exágono 1-2-3-4-5-6, ó sobre un prisma que tuviese por base á este exágono, una de cuyas extremidades trazase sucesivamente arcos de círculo á medida que fuese desarrollándose; los arcos *m a*, *n g* sólo sirven de unión de la voluta con el rodapié.

Para terminar el segundo peldaño, se la inscribe á un arco de círculo de 60° tangente á dicho peldaño y á la línea *a g*, y cuyo centro se encuentre en el punto *p*.

Con relación al primer peldaño, su forma depende del emplazamiento de la escalera. En el caso presente la curva de contorno es tangente á la línea que marca el emplazamiento de este primer peldaño, y á la zanca en el punto en donde principia la curvatura interior de la voluta.

Desde el punto 2 y con el radio 2 *r* se describe el arco *r s*; tómese sobre el radio 2 *s* la cantidad 2 *f'*=*n o*. La longitud *s*-*f'* se divide en cinco partes, igual cada una de ellas al lado del exágono 2'-2'-3'-4' 5'-6', construído en el ángulo 2 del primero; los puntos 2'-3' 4', son los centros de los arcos de círculo *s t*, *t u*, *u v*, descritos con los radios decrecientes iguales á 2-*t'*, 2'-*u'*, 2-*v'*; el último arco *v n* está descrito desde el centro *i* en vez del centro 5', con el objeto de que este arco sea tangente á la zanca en el punto *n*.

La parte superior de la voluta debe unirse con la de la zanca de una manera graciosa y sin garrote alguno, para lo cual puede verse en la fig. 1298 un desarrollo de la superficie interna de la zanca, cuya prolongación es la superficie externa de la voluta.

En esta figura, *a b* es la pendiente de la zanca, correspondiendo estos puntos con el segundo y tercer peldaño; *a' d'* es el desarrollo del arco *a l* de la fig. 1297. El punto *d* (fig. 1298) se determina por la vertical *d' d*, y la horizontal *e d* marca el nivel superior de la voluta sobre el nivel del primer peldaño *x y*. Esta línea *d e* se toma igual al desarrollo del arco *l e* (fig. 1297), tomándose además *d o*=*d e*. El arco *e o*, cuyo centro está en *g*, sobre la vertical *c g*, sirve de unión entre la parte superior de la zanca y la de la voluta; para ello se supone una horizontal que se mueve apoyándose en esta curva, conservándose paralela á los radios de los arcos de círculo que han servido para trazar la voluta. De esto no resulta una unión rigurosa, debido á que las longitudes de los radios que han servido para trazar la proyección de la voluta, cambian súbitamente en todos los cambios de centro, resultando que la superficie engendrada está formada por una serie de superficies alabeadas que no son rigurosamente tangentes unas con otras y por lo mismo forman garrotes, que por ser poco sensibles se las corrige al labrarlas; lo importante es que el trazado horizontal de la voluta sea exacto y elegante.

Las figs. 1299 y 1300 representan dos medios de formar el arranque de la zanca, siempre que se prescinda de la voluta; no obstante, es preferible esta última y sólo se emplean aquéllos, ó bien cuando se disponga de poco espacio ó se trate de escaleras de poca importancia.

Uniones de las zancas. Generalmente en las escaleras de sillería, bien sea que la zanca forma parte de los peldaños, ó que, como en las escaleras de madera, sea una pieza separada, la junta que forman las zancas tiene la forma *u v x y* (fig. 1301); pero esta disposición no es la más conveniente para las zancas de madera, puesto que no siendo este material tan pesado como la piedra, no da suficiente estabilidad á las juntas.

La fig. 1302 representa un ensamble de espiga, en el cual las dos zancas que deben ensamblarse están separadas; los planos de contacto están indicados en *u v x y* en

ambas partes. La parte A lleva las espigas salientes *u v x u'*, *x x' y y*, y la otra parte B lleva las dos cajas *u v x u'*, *x x' y' y*. En algunos casos y con el fin de disminuir la longitud de la parte de la zanca A que lleva las espigas, no se labra ninguna espiga en ella; entonces las dos partes A y B se unen por la junta *u v x y*, y una llave *t z* (fig. 1303) que penetra en las cajas labradas en las dos esperas.

Este ensamble tiene el inconveniente de debilitar las dos zancas, por cuyo motivo es preferible la junta representada en *u v x y* (figura 1304), en la cual cada parte de la zanca lleva una caja y espiga combinadas; de este modo el rectángulo *y' x v v'* representa la espiga de la zanca B y la caja de la zanca A, y el rectángulo *x' x v u'* representa la espiga de la zanca A y la caja de la zanca B. A este ensamble se le consolida por medio de un perno como los representados en las figs. 1305, 1306 y 1307.

La fig. 1308 representa las dos zancas A, B, separadas, junto con el perno indispensable para la mayor estabilidad del ensamble. Este perno lleva una clavija en un extremo y una tuerca en el otro, como el de la fig. 1309. Empleando este perno se puede prescindir completamente del ensamble de la fig. 1301.

Las juntas de las partes curvas se trazan como la representada en proyección horizontal (fig. 1311), y en proyección vertical en *u u' v x y' y* (fig. 1312). Por el punto *b'*, centro de la altura *b' b''* de la zanca, se supone trazada una horizontal perpendicular á la curvatura de la misma. Por esta línea proyectada en *b d* (fig. 1311) y por la tangente á la hélice que pasa por el centro del rectángulo que da la sección vertical de la zanca, se hace pasar un plano cuya sección de contacto de los costados está representada por la línea *v x* (fig. 1302). Por estos dos puntos *v* y *x* se tiran dos horizontales *x i*, *v o* (figura 1311), paralelas á la horizontal *b d*, y por cada una de estas dos horizontales se hace pasar un plano perpendicular al primero. Los dos planos de los dos derrames paralelos tienen por trazas las líneas *u v*, *x y* (figura 1312), las cuales encuentran á las dos aristas de la zanca en *u* y *u'* y en *y' y*. Estos dos puntos proyectados horizontalmente (figura 1311), dan para la proyección de los derrames, los cuadriláteros *u v o u'*, *x y y' i*; sus lados *v o*, *x i* son los únicos que son rectos, y las juntas de los derrames en las superficies de la zanca son curvas *u u'*, *y y'* que casi se confunden con líneas rectas.

El perno que refuerza este ensamble está representado separadamente por la fig. 1313.

Con el fin de evitar las juntas curvas, se hacen pasar las ocupaciones de las juntas por rectas generatrices de las superficies inclinadas de la zanca. Así, sea *v x* (fig. 1314) la traza de un plano perpendicular al plano de proyección vertical y tangente á la hélice media que pasa por el centro del rectángulo *g* generador de la zanca. Elíjanse las dos generatrices *u u'* *y y'* de las superficies inclinadas equidistantes superior é inferiormente al punto *b*; constrúyase para cada generatriz un plano perpendicular al plano *v x*; los dos planos, determinados así, encontrarán al costado de la junta según las líneas proyectadas en *x x'*, *v v'* (fig. 1315), y las ocupaciones de las juntas estarán limitadas por las curvas *u v*, *u' v'*, *x y*, *x' y'* de las superficies cilíndricas.

La fig. 1316 representa una junta de la misma forma, trazada en una zanca recta, para que se pueda conocer la altura que convenga á las generatrices de las superficies superiores é inferiores de la zanca.

La junta de la fig. 1314 está proyectada horizontalmente en la fig. 1315, debiéndose notar que la ventaja que ofrece el tener en la superficie inclinada de la zanca juntas en línea recta poco aparentes, no compensa en ningún caso los inconvenientes que presenta esta junta. Si las ocupaciones no son

paralelas, al cerrar la junta por medio del perno se verifica una pequeña presión entre los planos inclinados que puede motivar la rotura de la madera, existiendo también un inconveniente mayor aún, esto es, que para trazar las espigas debe echarse mano de medios algo complicados, si se desea que sus direcciones sean exactamente las mismas, sin que sean perpendiculares á las ocupaciones. Por este motivo lo más conveniente es emplear la junta de la fig. 1312 con la cual es muy fácil trazar las espigas, á las cuales se acostumbra dar un espesor igual al tercio del de la zanca y una dirección perpendicular al plano de las ocupaciones.

PROYECCIÓN DE UNA CURVA EN PENDIENTE. En la fig. 1317, 6′-1′-1-6-11-11′, es la proyección horizontal de la mitad de una revolución de una zanca de una escalera circular. La división de los peldaños está ejecutada sobre el círculo de la línea de marcha, siendo las distancias iguales y representadas por las rectas correspondientes á los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, que se dirigen al centro C del ojo circular de la escalera.

Los anchos de los peldaños en los puntos de contacto con la zanca son iguales, así como sus alturas, y la curva que pasa por dichos puntos es una hélice.

Sea en la proyección vertical (fig. 1318) la línea O O al nivel superior del peldaño, inmediatamente inferior al de n.° 1.

Las horizontales 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, etc., indican los niveles de los peldaños comprendidos en la proyección horizontal en donde llevan los mismos números.

Las líneas 1′-1′, 2′-2′, 3′-3′, 4′-4′, etc., son los niveles de los puntos de la zanca, elevados de una cantidad constante sobre los bordes de los peldaños; proyectando los puntos 1, 2, 3, 4, etc., de la proyección horizontal (figura 1317) en las horizontales de igual número, se determinan los puntos 1″-2″, 3″-4″, 5″-6″, 7″-8″, 9″-10″, 11″ (fig. 1318), correspondientes á la arista superior de la zanca del lado de los peldaños.

Proyectando igualmente los puntos 1′-2′-3′, 4′-5′, etc., de la proyección horizontal de la zanca en las mismas horizontales, se determinan los puntos correspondientes á la segunda arista de la zanca, correspondiente al interior ó al ojo de la escalera. Basta, pues, determinar tres de estos puntos 1‴ 6‴-11‴, para que se conozca la curva.

Habiéndose dado la altura de la zanca, como se ha indicado en el artículo anterior y en la figura 1296, se podrán construir las dos aristas inferiores de la misma por medio de curvas iguales á las anteriores, más bajas de una cantidad igual á la altura de la zanca. Estas dos aristas inferiores de la zanca están indicadas en proyección vertical por los puntos 1⁗-6⁗-11⁗, 1ᵛ-6⁗-11ᵛ. Hecho esto, falta proyectar las juntas de unión de la zanca, para lo cual, tratándose de una escalera circular, debe dividirse la circunferencia de la zanca, proyectada horizontalmente en partes iguales, si bien en algunos casos no puede efectuarse esto por existir pasillos ó descansos distribuídos en los varios pisos.

En el ejemplo de que se trata, en atención á que el diámetro del ojo de escalera es muy reducico, se supondrá dividida la revolución completa de la zanca en cuatro partes iguales, con lo cual el centro de cada una de las dos juntas que comprende la proyección horizontal, estará colocado en las líneas C Z, C Z′.

Las juntas de las partes inclinadas ó en rampa, se construyen según el mismo principio expuesto en las figs. 1311 y 1312. Para proyectarlas en la fig. 1318, es necesario trazar una proyección auxiliar sobre un plano vertical perpendicular al que contiene la línea de centro de la junta.

La fig. 1319 es una proyección vertical auxiliar para la junta que, en proyección horizontal, tiene por línea de centro á la línea C Z, cuya proyección está hecha en

un plano vertical perpendicular á esta misma línea.

La parte *d f* de la vertical es la altura de la zanca, y las cuatro curvas marcadas en esta misma proyección son sus cuatro aristas, cuyas curvas son exactamente iguales á las que pasan por los puntos $6''$ y $6'''$ (figura 1318).

La junta *u v x y* está trazada como anteriormente se ha dicho (fig. 1302), y su parte *v x* es paralela á la tangente de la hélice media que pasa por el centro del rectángulo generador de la zanca.

Para trazar su tangente, no hay necesidad de construir esta curva, pues basta construir su subtangente.

Trazando, pues, la horizontal *m t* (figura 1318) por el centro C del rectángulo $1''$-$1'''$-1^{v}-$1''''$, generador de la zanca, punto por el cual pasa la hélice cuya tangente se desea obtener, esta horizontal es la traza vertical del plano horizontal que pasa por este punto. Desarrollando sobre esta recta el cuadrante *r z* (fig. 1317), su desarrollo *m t* será el subtangente y *b t* la tangente. El triángulo *b m t* de la fig. 1318 se proyectará en $b\ m''\ t''$ de la fig. 1319, y entonces la línea $b\ t''$ será la tangente que se busca. Tómense de *b* á *v* y de *b* á *x* distancias iguales que varían entre 0'027 y 0'041, las cuales determinarán la extensión del costado que da la junta. Las dos ocupaciones *u v*, *x y*, se trazan paralelamente á la normal *b s*, y los dos ensambles á caja y espiga se trazan tal como indican las líneas de puntos. En proyección horizontal están indicados por líneas verticales que les proyectan en n, n', y, y', sobre los arcos de círculo correspondientes á las hélices, y para proyectarles verticalmente (fig. 1318), se traza la línea $k\ k'$ á igual nivel que la línea $k\ k'$ (figura 1319), que se halla encima del punto *b* de la fig. 1318, á una altura igual á dos peldaños y medio, se toman á partir de esta horizontal sobre las verticales levantadas por los puntos de la proyección horizontal, las alturas tomadas desde la misma línea $k\ k'$ de la fig. 1319.

Es preciso observar que, dando estos puntos las proyecciones de las intersecciones del costado *v x* con las dos ocupaciones paralelas, estas dos líneas serán paralelas y se proyectarán horizontalmente por dos líneas paralelas, mientras que las juntas resultantes de las intersecciones de las ocupaciones con la superficie superior y la superficie inferior de la zanca, son las curvas $n\ n'$, $y\ y'$. Con relación á las cajas y espiga, están formadas por paralelepípedos, cuyas aristas son paralelas al plano tangente á la curva media del rodapié, que tiene por traza á la línea $b\ t'$ (figura 1317), siendo al propio tiempo la proyección de la tangente.

La construcción de la junta y de las ocupaciones de la extremidad superior de la misma curva en pendiente, se ejecuta por medio de la proyección auxiliar (fig. 1320), absolutamente del mismo modo como se ha procedido para la fig. 1319, con la sola diferencia que la línea $k''\ k'''$ está tomada debajo del punto *b* á igual distancia que la línea $k\ k'$ encima de él.

Si bien las juntas son líneas curvas en superficies en pendiente de la zanca, su curvatura es tan insignificante que casi se confunden con líneas rectas. De todos modos, para comprobar la exactitud de la operación en ambos lados, se trazan por las proyecciones horizontales de dos puntos extremos de estas juntas las líneas $u\ u'$, $u\ u''$, $y\ y'$, $y\ y''$, y sus prolongaciones deben cortarse sobre el eje C P, es decir, $u'\ u''$ é $y\ y'$ en el punto *g* y $u\ u'$ é $y'\ y''$ en el punto g'.

Ejecución de la curva en pendiente. Unicamente cuando la proyección vertical está completa y ejecutada con precisión, es cuando puede procederse á la ejecución de la curva en pendiente. La pieza de madera que debe darla debe ser un paralelepípedo rectangular bien labrado á escuadra por todas

sus caras, el cual se proyecta en la situación que debe tener para contener á la curva, cuyas dos caras verticales se proyectan horizontalmente por sus trazas A B', E D' (figura 1317). Las caras en pendiente del paralelepípedo proyectadas horizontalmente entre estas mismas líneas, son perpendiculares al plano de proyección vertical, y proyectadas verticalmente sobre sus trazas verticales E E', D D' (fig. 1318), y las extremidades perpendiculares á estas aristas se proyectan verticalmente en E D, E' E', y horizontalmente por los rectángulos A B D E, A' B' D' E'.

Para construir prácticamente esta curva empleando la pieza de madera que se acaba de representar por medio de sus proyecciones, deben considerarse primeramente las posiciones de las superficies que definen á esta curva, con relación á las caras de la pieza de madera, y fijar el orden de la ejecución de las superficies. Las superficies cilíndricas son las más fáciles de ejecutar, y deben ser las primeras, siguiendo luego las superficies alabeadas de encima y de debajo de la zanca.

Para ello pueden seguirse dos métodos: El primero, que es el más antiguo, se aplica en particular al caso de una pieza escuadreada sin cuidado. El segundo se aplica á las piezas bien escuadreadas, y es el que da resultados más exactos.

Para evitar la confusión de líneas en las figuras 1317 y 1318, transpórtese la proyección del paralelepípedo que debe contener la curva en pendiente á E E' D' D, en proyección vertical (fig. 1321), y A B' D' E en proyección horizontal (fig. 1322).

Para señalar en sus caras proyectadas en E E', D D' las trazas de las superficies cilíndricas, después de haber hecho coincidir las líneas de relación y la línea de centro con las del modelo ó plantilla, por medio de puntos tales como *m* y *n* (fig. 1322) que se encuentran en un mismo radio, se determinan en la pieza por medio de aplomadas las líneas trazadas en el modelo paralelamente al eje C P, y cuanto mayor número de paralelas se tracen tanto en el modelo como en la pieza de madera, mayor será el número de puntos correspondientes á la curva que se trata de trazar.

En la fig. 1231 sólo se han trazado las dos líneas F *g*, F' *g'* que pasan por los puntos *m* y *n* del radio C *m n* y las partes *f g*, *f g'* se han señalado en las caras superior é inferior de la madera.

Por las extremidades de estas líneas, es decir, por los puntos en donde encuentran á las caras verticales, se hace pasar una plomada, tirando desde la cara superior horizontal de la madera las ordenadas *p m*, *q n*.

En la fig. 1231 están desarrolladas las dos caras de la pieza puestas de plano en el modelo, habiéndolas hecho girar al rededor de las aristas E E', D D', para que se puedan ver en una cara las ordenadas *f n*, *f m*, y *g n g' m* en la otra cara. Repitiendo esta operación para un gran número de paralelas al eje C P, se obtienen en las dos caras A A' E E, B B' D' D, los puntos de las dos curvas que son las trazas de las superficies cilíndricas interiores y exteriores de la zanca. La misma operación se ejecuta en las dos caras de las extremidades de la pieza.

El segundo método es mucho más exacto que el anterior, á causa de que en ningún caso se utilizan los defectos de forma que pueda tener la madera, y no es necesario tampoco colocar el blok de madera sobre el modelo para su trazado, bastando trazar simplemente las distintas caras y desarrollos necesarios que deban labrarse en la madera.

La fig. 1321 representa el desarrollo de las caras del blok, en donde se han trazado los varios arcos de elipse resultantes de sus intersecciones con las superficies cilíndricas de la zanca. Estos arcos de elipse pueden trazarse por dos métodos distintos.

El primero, por puntos, á poca diferencia como se ha dicho anteriormente, determi-

nando los emplazamientos de los extremos *f g*, *f'*, *g'* de las ordenadas por medio de paralelas al eje C P, y trazando estas ordenadas *f n*, *f' m*, *g n*, *g' m* perpendicularmente á las aristas E E', D D', tomadas iguales á *q n*, *p m* de la proyección horizontal (fig. 1322).

El segundo método, mucho más exacto que el primero, consiste en la determinación de las elipses por medio de sus ejes, lo cual es muy fácil, puesto que los ejes mayores *a b*, *a' b'* (fig. 1321) de las dos elipses *a d b*, *a' d' b'*, están determinadas por la intersección en E, E', H, H' (fig. 1318) de la traza vertical de la cara superior del blok, con las generatrices de las superficies cilíndricas correspondientes á los puntos 1, 1', 11, 11', de la proyección horizontal (fig. 1317); y sus ejes menores *o d*, *o d'* son iguales á los radios C-6, C'-6' de la proyección horizontal, y perpendiculares á la arista E E' en el punto *r* en donde el eje C P la corta; los ejes mayores *a b, a b'*, que se encuentran en una misma línea, son paralelos á la arista E E' y están separados de ella de la cantidad *o r* igual á C *r'* (figs. 1322 y 1317).

Las elipses *e h k*, *e' h' k'* de la cara inferior son iguales á las de la cara superior, y sus ejes menores *q h*, *q h'* son perpendiculares á la arista D D', en el punto *c* en donde está cortada por el eje C P de las superficies cilíndricas; sus ejes mayores *e k*, *e' k'* son paralelos á la arista D D', y están separados de ella de una distancia *c q* igual á C *r'* de las figs. 1322 y 1317.

Por el mismo método se determinan igualmente los arcos de elipse resultantes de las intersecciones de las superficies cilíndricas con los planos de las extremidades de la pieza de madera, cuyas elipses correspondientes están indicadas en *a'' n'' b''*, *a''' n''' b'''* (figura 322). Determinados así los elementos constitutivos de las elipses, se trazan éstas en tablas, se cortan y se aplican á las caras correspondientes de la pieza de madera, según las líneas de relación que deben coincidir, para la cara superior, con las aristas de la pieza, y para las caras perpendiculares, con las líneas *r d* y *c h*.

La línea G Q (fig. 1323) es la proyección del eje del cilindro; á derecha é izquierda de la horizontal que pasa por el punto G se encuentran los desarrollos *m* G *m'*, *n* G *n'* de los arcos de círculo 12-6-13, 12'-6'-13'; las líneas verticales *m e*, *m' e'* marcan la extensión del desarrollo de la superficie cilíndrica que comprende la superficie exterior de la zanca, y las verticales *n h*, *n' h'* marcan la extensión del desarrollo de la que comprende la superficie cóncava de la zanca.

Sobre la misma línea *m e* se hace *m' b* igual á la altura de cinco peldaños, lo cual corresponde á un cuarto de revolución de la curva en pendiente; y sobre la línea horizontal *m m'* se toman los desarrollos *m g*, *m f* de los cuartos de círculo 6-1, 6'-1' (fig. 1322 ó 1318); las líneas *b' f*, *b' g* (fig. 1323) son paralelas á las tangentes de las hélices que forman las aristas de la zanca. Por los puntos 6, 6' que indican la altura de la zanca, se trazan paralelas á las líneas *b g*, *b f*, y serán las tangentes á las aristas exteriores é interiores de la zanca y al propio tiempo los desarrollos de estas aristas, de modo que el paralelógramo 1-1'' 11''-11 es el desarrollo de la superficie convexa de la zanca, y el paralelogramo 1°-1'-11'-11° es el desarrollo de la superficie cóncava.

Así pues, para trazar las aristas de la zanca sobre las superficies convexas y cóncavas de la pieza de madera, basta aplicar sobre estas superficies estos mismos desarrollos, cuidando de que en cada uno de ellos la línea 6-6' (fig. 1323) coincida exactamente con la línea *r c* (fig. 1321) y el punto *b* con el punto *b*.

Estos desarrollos sirven entonces de reglas para trazar las aristas de la zanca; y si las horizontales de un mismo nivel se han ido marcando con cuidado en ambas superficies, como por ejemplo, los niveles de los

peldaños ó las trazas de sus huellas prolongadas, se obtendrá entonces el medio ó procedimiento para poder cortar las superficies alabeadas tanto superiores como inferiores de la zanca, guiándolas por medio de una regla apoyada en los puntos determinados por las líneas de igual número.

En todos estos ejemplos se ha supuesto que los peldaños forman paramento en forma de espiral por debajo de la pendiente giratoria, cuya espiral es la superficie alabeada de la rosca engendrada por una línea recta horizontal que pasa por el eje y que apoya en una hélice tomada á una distancia vertical constante por debajo de la pisada, siendo la misma superficie que pasa por las aristas delanteras de los peldaños, y que se ha bajado de la cantidad necesaria para que los ensambles puedan encontrar un espesor suficiente.

Siempre que la parte inferior de la escalera deba revocarse ó enlucirse, se da un poco más de espesor á la zanca, y el enlatado se clava debajo de los peldaños como se ve en la fig. 1234, lo cual no ofrece ningún inconveniente por ser macizos los peldaños. Si éstos son huecos, como los de la figura 1289, entonces el enlatado del revestimiento se hace independiente de los peldaños, como expresa esta misma figura; en los tramos curvos se hace lo mismo colocándolos en sentido radial y en el mayor número posible á causa de la mayor superficie que ofrecen los tramos al aproximarse á los muros de la caja.

Con relación á las varias juntas de las curvas en pendiente que constituyen la zanca de una escalera curva, es indispensable señalar los cortes en los desarrollos de las superficies cilíndricas, para poderles trazar aplicándoles sobre estas mismas superficies, pues no siempre es posible establecer las curvas en el modelo, para picar ó señalar los ensambles como en las demás piezas.

Relativamente á las cajas y espigas, no hay necesidad de trazar ninguna en el desarrollo, por ser perpendiculares á las ocupaciones de las juntas y á las caras de ensamble; su emplazamiento con relación al grueso de la zanca se toma con el compás sobre el modelo (fig. 1317).

Si en vez de ser completamente circular la escalera, fuese como la de la fig. 1293, la zanca se compondría de partes proyectadas en semicírculo y de partes rectas. La construcción se haría del mismo modo que en el caso de escalera circular, sólo que, no siendo radiales los peldaños hacia el centro C, la curva tomaría la forma representada por la fig. 1295, repetida en la figura 1312, para que se vean los detalles de la junta; y en vez de representar las aristas de la zanca por líneas rectas, en los desarrollos de las superficies cilíndricas (fig. 1323), deberían construirse del mismo modo que las uniones y partes curvas en pendiente de la fig. 1294.

Escalera con gran pasillo, meseta ó descanso. La fig. 1325 es una parte de la planta de una gran escalera que comprende la zanca *a* de un pasillo, la zanca *b* de un tramo recto inferior, y la zanca *d* de un segundo tramo recto superior.

La fig. 1326 es una proyección vertical de este pasillo.

Las zancas de los tramos se unen á las del pasillo ó meseta por medio de curvas inclinadas *h*, *k*, que en la planta forman cuadrantes de círculo. Las uniones de las zancas de los tramos con la zanca horizontal están hechas del mismo modo que para la escalera representada por la fig. 1293.

Como los tramos son rectos no habrá repartición de peldaños radiales, y por lo tanto serán todos paralelos. Para que el peldaño 12 no ensamble oblicuamente en la curva inclinada de unión de las zancas, se le da una forma curva en su ensamble cuyo centro se encuentra en la cara de la zanca *b*; el radio de este arco de círculo se determina

de modo que su centro *c* se encuentre en la tangente *c f* que pasa por el punto *f*, en donde el arco de círculo encuentra á la curva de la zanca. La unión de la zanca horizontal *a* con la zanca del tramo *b* se ejecuta en la curva en pendiente, desarrollando la cara vertical de la zanca sobre el mismo plano que el de la zanca horizontal. Sobre el desarrollo se marcan los peldaños del tramo recto y la arista superior de la zanca *z x*. Esta arista encuentra á la de la zanca horizontal en *x*; se traza sobre este desarrollo un arco de círculo *t u* tangente á estas dos líneas, y ésta es la curva de unión. El centro de este arco de círculo se determina con la sola condición que pase por encima del punto *y* que, en el desarrollo, representa el punto *f* de la proyección horizontal, á fin de que este punto esté comprendido en la altura de la zanca.

El arco de círculo *t u* descrito desde el centro *y* se encuentra en la superficie cilíndrica de la curva en pendiente, para que dé la proyección vertical de la arista que debe servir de directriz á la superficie alabeada de unión entre las caras superiores de las dos zancas, siendo la generatriz de esta superficie una horizontal que pasa por el eje proyectado en el punto *o*. Como todo plano tangente á una superficie alabeada sólo es tangente en un punto aunque pase por una generatriz, en el caso presente resultan dos garrotes inevitables sobre las generatrices *u u'*, *t t'*, correspondientes á los puntos de unión, los cuales se corrigen con la herramienta.

La curva inclinada que une la zanca del pasillo con la zanca del tramo recto *d*, se trata del mismo modo que la explicada en los últimos artículos de este capítulo, por cuyo motivo no hay necesidad de repetir lo dicho en ellos.

La fig. 1327 es una sección de la viga de pasillo según la línea *m n*; la línea *o i* es la parte de la línea *m n* señalada con iguales letras en la fig. 1326. Esta sección tiene por objeto el hacer ver que la zanca del pasillo, que en algunos casos forma parte de él, lleva unos costados para recibir y apoyar las viguetas que le sostienen.

Las juntas de ensamble entre la zanca del pasillo y las de los tramos se colocan generalmente en el centro de las curvas de unión de las mismas, con lo cual se evitan un mayor número de ensambles, cuyo ensamble está representado en *v x y z* (figuras 1325 y 1326); sin embargo resulta á veces que tanto la viga como la zanca de pasillo requieren piezas de madera demasiado gruesas, y entonces se distribuyen las juntas estableciendo una curva en pendiente, con lo cual se economiza la madera. Con todo, esta economía no debe admitirse por afectar á la solidez á causa de la demasiada aproximación de unas juntas con otras.

Escalera de medio pasillo ó descanso sencillo. La fig. 1328 es la parte de la planta de una escalera correspondiente á medio pasillo colocado en el ángulo de una caja de escalera. La unión de la zanca *d* del primer tramo con la zanca *d* del segundo tramo puede resolverse como en el caso anterior, por medio de una curva en pendiente *a* trazada por medio de arcos de círculo cuyo centro común sea *c*.

La fig. 1327 es una proyección vertical de esta misma parte de escalera, en la cual están proyectados los peldaños por líneas de puntos; la unión entre las dos zancas está trazada en el desarrollo de la superficie cóncava, representado en la fig. 1330. Una vez construídas sobre este desarrollo las aristas de las zancas del lado del ojo de la escalera, se las une por arcos de círculo, que forman una especie de escocia para cada unión.

Igual operación se practica para la superficie de la zanca que debe recibir á los peldaños. Los desarrollos y las uniones de las aristas de la zanca están trazados en la figura 1331, los cuales están ejecutados igual-

mente en forma de escocia por medio de arcos de círculo, y los puntos de tangencia de los arcos de círculo de las aristas de las zancas están tomados, como en el caso anterior, precisamente en las uniones de las curvas de la proyección horizontal.

Estos desarrollos (figs. 1330 y 1331) aplicados á las superficies cilíndricas de la pieza de madera, sirven para trazar las aristas de la zanca, que se convierte entonces en las directrices de las generatrices de las superficies alabeadas, las cuales están cada una de ellas engendradas por una recta horizontal, que debe apoyarse forzosamente en estas dos aristas.

Este medio de unión presenta, particularmente en el desarrollo de la fig. 1330, una especie de compresión resultante del sentido vertical con que se mide la altura fija de la zanca. Algunos constructores prefieren trazar la unión de la fig. 1330 por medio de arcos de círculo concéntricos, para lo cual, para las líneas de centro de las zancas, se ejecuta una unión semejante á la tratada anteriormente, y con los mismos centros obtenidos se trazan arcos concéntricos tangentes á las aristas de la zanca. El inconveniente que ofrece este sistema es que, debiendo dar los arcos las aristas de la zanca, ya no tendrán la misma curvatura, de modo que no siguen la ley de continuidad con relación á la forma que debe obtenerse.

La fig. 1332 es una proyección vertical de la curva en pendiente, en la cual tiene lugar la unión. Esta proyección se obtiene por las operaciones descritas antes; las juntas indicadas en proyección horizontal y vertical pasan por las mismas generatrices $u\,u'$, $y\,y'$, y son enteras en las partes rectas de la zanca, lo cual facilita su trazado y su ejecución; sus trazas $v\,z\,x\,y$, $u\,z'\,x'\,y'$ sobre los desarrollos son igualmente líneas rectas, por encontrarse en partes planas. Sin embargo, es preferible que las zancas se prolonguen y determinen sobre la mitad del desarrollo de la curva en pendiente, teniendo una junta solamente, representada en $v\,x\,y\,z$ (figura 1332).

Esta curva en pendiente sólo lleva cajas ó escopleaduras para no tener que aumentar la longitud ni la escuadría de la pieza si se labraran en ella las espigas.

Los pernos que consolidan los ensambles se colocan en sentido de las zancas rectas, y en atención á la gran curvatura de la curva en pendiente, las cabezas de las clavijas se enrasan con las zancas, y las tuercas se cobijan en unas escopleaduras labradas en la superficie convexa de la curva en pendiente, en el interior del asiento de los peldaños.

Para evitar la dificultad que presentan las uniones, en el caso de que se trata, y con el fin de poder dar á la curva en pendiente la elegancia que ofrecería si la zanca fuese completamente curva, será conveniente distribuir los peldaños de modo que sus apoyos sean iguales tanto en los pasillos como en los tramos rectos, para lo cual debe darse á la curva (fig. 1333) un desarrollo suficiente, de modo que los arcos $u\,v$, $v\,x$, $x\,y$, sean iguales á los anchos de los peldaños $s\,t$ ó $y\,z$, puesto que entonces el desarrollo de la arista $s\,t\,u\,v\,x\,y\,z$ será una línea recta. De esto se deduce el desarrollo de la superficie correspondiente al arco $u'\,v'\,x'\,y'\,z'$, y si la arista que debe quedar más aparente es la que corresponde á este arco, es precisamente en él que deben hacerse $u'\,v'$, $v'\,x'$, $x'\,y'$, iguales á los anchos $s'\,t'$ ó $y'\,z$ para que las aristas de la zanca del lado del ojo de escalera sean líneas rectas en el desarrollo.

Con relación á los peldaños, se les determina, en la parte correspondiente á la zanca, por medio de arcos de círculo cuyos centros se toman sobre las proyecciones de las caras rectas de la zanca, y cuyos radios se determinan de modo que estos desarrollos pasen por los puntos de división iguales $v\,x$, y sean tangentes á los radios $c\,v$, $c\,x$.

CAPÍTULO XXXVIII

ESCALERAS SIN ZANCAS

Escaleras rectas. A últimos del siglo pasado fué cuando se principió á suprimir las zancas de las escaleras, cuyos primeros ensayos se hicieron en escaleras de piedra, con lo cual, si bien se obtuvo mayor elevación en la construcción, en cambio se sacrificó la solidez. A pesar de ello, estuvo muy en boga este sistema, y bien pronto la carpintería aplicó esta innovación á sus construcciones, ofreciendo la ventaja sobre las de piedra que con los ensambles se consolidan mejor las juntas.

Las figs. 1334 y 1335 son las proyecciones de una parte de escalera sin zancas, cuyos peldaños están empotrados en las paredes de la caja, y en la parte del ojo de escalera presentan las extremidades libres. En los primeros ensayos que se hicieron, estas extremidades terminaban por el perfil de los peldaños, ofreciendo la superficie que por el sistema de zancas formaba el paramento de éstas; posteriormente, la moldura de la huella recorre sobre el ancho del peldaño.

En las escaleras de piedra, la estabilidad es la resultante del apoyo mutuo que se prestan los peldaños colocados sobre bóveda; sin embargo, la solidez de la construcción depende principalmente de la entrega de los peldaños en los muros, lo cual les impide el moverse y ejercer esfuerzo en las juntas; puesto que está probado que, sin una buena entrega, es muy difícil construir una escalera sin zancas, á menos que se le dé un gran espesor.

En las escaleras de madera no bastan la junta ni la entrega de los peldaños en los muros, en particular si las huellas son muy anchas, por cuanto con la flexibilidad de las maderas harían flexión los peldaños; por este motivo los ensambles de los peldaños se consolidan con pernos.

La fig. 1336 es el perfil, y la fig. 1337 la proyección de un fragmento de escalera sin zancas, en donde se ve la posición que se da á los pernos que la consolidan. Los peldaños están unidos de dos en dos por medio de un perno, y cada uno de ellos está atravesado por dos, de los cuales el uno apoya la cabeza y la tuerca el otro, como se ve en la fig. 1339.

Si el ancho ó huella de los peldaños de una escalera es considerable, se consolidan con dos ó más pernos dispuestos del mismo modo. Como se ve, los pernos quedan ocultos, y es preciso colocarlos de modo que tengan siempre las cabezas y las tuercas en las juntas normales á la pendiente, por ser éstas las que deben consolidarse, colocándolos lo más cerca posible de la línea de marcha.

Para la construcción de esta clase de escaleras debe emplearse la madera excesivamente seca, para que no se abran las juntas por efecto de la desecación.

Comúnmente, en las escaleras sin zancas, los peldaños son llenos ó macizos, y la superficie inferior de la escalera está formada por la de los peldaños; sin embargo, en algunos casos, y debido á la economía, también se construyen escaleras con peldaños huecos. En este caso, se les sostiene con una falsa zanca labrada según el perfil de los peldaños, como la representada por la fig. 1271. Las huellas y los frentes se clavan con puntas ó atornillan en las zancas, y mejor aún, para que no se vean las cabezas, se coloca un listón debajo de cada peldaño, como en la fig. 1290. También se puede retener cada peldaño en la zanca por medio de hierros de T (fig. 1344), cuyas cabezas se fijan por tornillos debajo de los peldaños y los nervios se unen á la zanca.

La parte inferior de la escalera se cubre con tablas ensambladas entre sí, ó bien con revoque sostenido por viguetas (fig. 1289).

Escaleras circulares. Las escaleras circulares, sin zancas, bien sean de revolución completa ó estén combinadas con tramos rectos ó curvos, se construyen absolutamente del mismo modo que las escaleras sin zancas de tramo recto, que se acaban de tratar, con la sola diferencia que los peldaños convergen hacia el centro ó están distribuídos excéntricamente, como ya se ha dicho anteriormente (fig. 1293).

Las figs. 1340 y 1341 representan las proyecciones de la parte de una escalera de madera en caja circular, ejecutada con peldaños llenos. Tanto la línea de los peldaños como la arista inferior de los mismos, forma una hélice que, en la superficie cilíndrica de los mismos, tiene por base el círculo *a' b' d'*. Como en la escalera recta, las juntas de los peldaños están compuestas de dos partes, horizontal la una, que es la de apoyo de unos peldaños con otros, y normal la otra á la curva de pendiente, si bien en algunos casos puede prescindirse de esta normalidad.

Una vez determinada la generatriz que marca la línea de junta en la superficie inferior de la escalera, la línea *m n*, por ejemplo, se puede hacer pasar por esta línea, y por la junta normal *m o*, un plano que encuentre al plano horizontal de contacto de los peldaños, según la línea *o p* paralela á *m n*, cuyo plano puede servir de junta entre los dos peldaños siempre que la huella de la escalera sea pequeña, puesto que es mucho más fácil la ejecución de un plano que la de una superficie alabeada. Pero si la huella es muy ancha es indispensable hacer exactamente lo que se practica en el corte de piedras; así, pues, cada junta debe tomar la forma de la superficie alabeada que comprende á todas las normales á la superficie inferior de la escalera que pasa por la línea de juntas de esta superficie.

En la fig. 1342 está representada, en proyección horizontal, la disposición de los pernos de unión de los peldaños, de dos en dos, como en la fig. 1336.

Cuando el ancho de una escalera circular es considerable, y pueda temerse que la entrega de los peldaños en los muros no baste para su estabilidad, se colocan, como en las escaleras rectas, varias series de pernos que consolidan el contorno de la escalera; en este caso, es indispensable que las juntas sean superficies alabeadas normales á la superficie inferior de la escalera, para que la presión entre los peldaños

se verifique en todos los puntos perpendicular á las juntas.

Las figs. 1340, 1341, 1342 y 1343 se refieren á una escalera cuyos peldaños sean macizos. También se las construye sin zancas y de peldaños huecos, para lo cual se sigue el mismo método de construcción explicado ya (pág. 370); sólo que la zanca tallada para recibir las huellas y frentes debe trazarse y ejecutarse por partes de curvas en pendiente, según los procedimientos ya descritos al tratar de la proyección de una curva en pendiente y de la ejecución de la misma.

Las huellas y los frentes se fijan como ya se ha dicho, y la parte inferior se ejecuta con tablas ó con revoque. Si bien algunos constructores unen las partes de estas falsas zancas por medio de rayos de Júpiter, debe observarse que este ensamble es muy difícil de ejecutar, y que, por debilitar la madera, debilita la solidez de la zanca, por cuyo motivo es preferible la junta ordinaria consolidada con uno ó dos pernos.

Es de creer que podrían formarse longitudes considerables de falsas zancas para escaleras de la clase de que se trata, curvando tablones, en forma de hélice, tal como conviniese á la mayor ó menor inclinación de la escalera, para lo cual bastaría escuadrear los tablones, reblandeciéndoles luego por la acción del vapor á gran presión, dándoles luego la forma espiral deseada por su arrolladura sobre un cilindro igual al ojo de escalera, cuyo procedimiento podría aplicarse igualmente á las zancas ordinarias para las escaleras de dimensiones medias.

VARIAS COMBINACIONES DE ESCALERAS

ESCALERAS CON ESPIGÓN. En las siguientes figuras se han representado las plantas de varias escaleras para que se reconozcan las combinaciones que pueden emplearse en los varios casos que ocurran en las construcciones.

Fig. 1276. Escalera en torre redonda con espigón cilíndrico, que es una de las formas más antiguas.

Fig. 1277. Escalera en torre cuadrada con espigón cuadrado.

Fig. 1278. Escalera con espigón en caja octogonal.

Fig. 1283. Escalera en caja rectangular con dos espigones. Esta escalera es semejante á la representada por las figs. 1287 y 1288, sólo que en vez de tramos radiales tiene descansos.

Fig. 1284. Escalera con dos espigones en la cual los peldaños están trazados de modo que sus anchos son iguales sobre la línea de marcha, y sus direcciones son tangentes á arcos de círculo, á fin de que sus ensambles con los espigones y las zancas varíen según una ley regular.

Fig. 1291. Escalera con cuatro espigones. En un extremo de la caja los tramos rectos terminan en unos pasillos ó mesetas de ángulo separados por un tramo de muy pocos peldaños. Dos de los espigones arrancan de la planta y van á parar á la cubierta. Del lado de la entrada de la caja los tramos apoyan en pasillos sostenidos por pie-derechos que van solamente desde el primer pasillo corrido.

Fig. 1285. Escalera con cuatro espigones y tres tramos. El tramo A del centro va desde el descanso *a* al descanso *b;* los dos tramos B, B, paralelos é iguales, van del descanso *b* al descanso *a* del piso superior; las zancas son como las de la escalera (figura 1283).

Fig. 1345. Escalera circular con pie-derechos en sustitución de los espigones. Esta escalera sube desde el punto *d* correspondiente al firme y termina en el descanso

b que da acceso al pasillo circular *c* que comunica con las varias partes del edificio.

Fig. 1286. Escalera con cuatro espigones, en caja cuadrada y con descansos en los ángulos. La entrada de la caja está en *a*, la escalera sube de *b* á *c*, de *c* á *d*, de *d* á *e*, etc.

ESCALERAS CON ZANCAS REDONDAS. Figura 1346. Escalera con zancas y pasillos corridos.

Fig. 1347. Escalera con zancas y tramos curvos. Esta escalera es por el estilo de la de la fig. 1293, sólo que el primer tramo termina en un pasillo corrido.

Fig. 1348. Escalera con zancas y tres descansos de ángulo *a*, *b*, *c*, entre los tramos y un descanso corrido *d a* en los pisos.

Fig. 1349. Escalera de tramos rectos ensamblados en zancas compuestas de partes rectas y curvas en pendiente, con el objeto de combinar descansos de ángulo y distribuir los ensambles de los peldaños, de modo que las aristas de la zanca del lado de éstos ó del lado del ojo, tengan la forma de hélices trazadas por líneas rectas sobre el desarrollo de la zanca.

Fig. 1350. Escalera doble, con zancas, en caja octogonal y terminando en cada piso con un descanso común corrido.

Fig. 1351. Escalera de zancas colgantes. Los tramos de esta escalera terminan en un descanso general exterior; el primer peldaño de cada tramo ocupa todo el ancho de la caja. Así, la parte circular de la escalera está sostenida por espigas de suspensión, de hierro, en los puntos *x y z*. Se comprende que, si este sistema de escalera debiese constar de varias revoluciones, sería preciso que en cada piso el primer peldaño de subida ocupase en el cuadro el lado opuesto al del peldaño del último tramo. Así, considerando el tramo que termina en *a b*, es preciso que el segundo tramo principie en el lado *d e* para poder llegar en el mismo lado al piso superior, y que el tercero principie en *a b*, el cuarto en *d e*, etc. A pesar de lo ingenioso de esta combinación, resultaría una escalera algo fatigosa.

Fig. 1352. Escalera con zancas en caja cuadrada, en la cual el ancho de los tramos disminuye en cada piso.

Fig. 1353. Escalera con zancas y tramos rectos en caja triangular, con tramos curvos y un solo descanso en cada piso.

Fig. 1354. Escalera de ángulo en la cual puede principiarse la subida por un lado ó por el centro de la entrada, colocando un descanso en el ángulo y continuar un tramo á lo largo de uno de los lados. El descanso se halla en la hipotenusa del triángulo, pudiendo ser rectilíneo ó curvilíneo según los casos.

Fig. 1355. Escalera semicircular. La comunicación de los pisos se hace por semirrevoluciones enteras, y según sea la altura de los pisos los descansos serán corridos, rectos ó curvos y de toda la extensión del diámetro.

En esta escalera los descansos se encuentran situados fuera del semicírculo, para que el tramo semicircular pueda tener mayor desarrollo.

Fig. 1356. Escalera de la misma clase. El descanso, cuya longitud es, á corta diferencia, igual á la del diámetro, se encuentra en el interior del semicírculo. En esta disposición los peldaños se dirigen al centro de la zanca del descanso, ó bien se les dirige tangencialmente á las curvas de puntos trazados en la figura. Si los descansos son curvos, los peldaños deben serlo igualmente.

Fig. 1357. Escalera con zancas en una caja elíptica trazada por cuatro arcos de círculo. Los peldaños correspondientes á cada arco tienden á su centro respectivo, lo cual no ofrece ningún inconveniente, siempre que los radios con que se tracen las curvas no sean de longitudes muy distintas; si, por el contrario, los radios difieren mucho, se distribuyen los peldaños dividiendo la línea de marcha y la cara de la zanca que los reci-

be en un número de partes iguales, y se van uniendo estos puntos, los cuales determinarán los bordes de los mismos.

Fig. 1358. Escalera de dos ojos, en la cual la subida principia en *a* por el tramo de la derecha; se pasa al tramo *b*, de éste al *d*, y así siguiendo.

Fig. 1359. Escalera de tres ojos, en una caja formada por arcos de círculo; esta escalera principia en el punto *a*, en donde se encuentra la entrada de la caja; se va subiendo entre las zancas de puntos, pasando por debajo de los tramos superiores *g h i* y *k* para llegar al punto *b*; la subida continúa de *b* á *c* y de *c* á *e* para pasar por debajo de los mismos tramos *g h*, *j k*, y sale por *d*, para recorrer la curva *d f g*; pasa luego entre los tramos *c d e* é *i k*, continuando por *h i j* hasta *k*, en donde termina la revolución completa al rededor de los tres ojos de escalera. La escalera podría continuar recorriendo en el mismo orden otra nueva serie de tramos dispuestos del mismo modo.

Estas dos disposiciones de escalera tienen la ventaja de poder alcanzar mucha altura en poco espacio. Las partes curvas extremas tienen sus peldaños ó falsas zancas entregadas en los muros. Las partes curvas que unen á las anteriores están suspendidas ó colgadas y sus dos zancas están aisladas.

ESCALERAS SIN ZANCAS. Todas las escaleras que llevan zancas pueden construirse igualmente sin ellas, dependiendo su construcción, como ya se sabe, de la unión de los peldaños entre sí.

Fig. 1360. Escalera sin zancas en caja circular.

Fig. 1279. Escalera sin espigón en una torre colocada en el ángulo de un edificio.

Fig. 1361. Escalera semicircular de tres tramos; el primero termina en un descanso central en el cual apoyan dos tramos circulares que van á parar á un descanso corrido superior de igual longitud que el diámetro del emplazamiento de la escalera. Este descanso puede estar sostenido por pilastras ó por bóveda, según convenga al mejor efecto decorativo.

Fig. 1362. Escalera sin zancas, semicircular, en la cual se principia la subida en *a*, y los peldaños, que tienden todos al centro, terminan en un gran pasillo ó descanso *a b* de igual longitud que el diámetro.

Fig. 1363. Escalera circular cuyo tramo curvo disminuye en ancho á medida que va subiendo, cuya disposición puede ejecutarse igualmente con zancas. Algunos constructores dan á las superficies de las extremidades de los peldaños, ó sea la superficie de contacto con las zancas, la forma cónica; sin embargo, es preferible que estas superficies estén engendradas por una línea vertical que apoye en la espiral cónica ó logarítmica que resulta de la pendiente uniforme y de la contracción del tramo.

Fig. 1364. Escalera de ocho tramos, que forman dos escaleras dobles concéntricas. En ellas, todos los tramos que parten de los puntos *a* terminan en los descansos *b*, después de haber pasado por los descansos *c*.

También puede principiarse la subida en *a* por las escaleras interiores y por *a'* para las exteriores, de modo que éstas lleguen á los descansos *c* después de haber pasado por los descansos *b*.

La fig. 1365 es una escalera sin zancas en una caja elíptica. A pesar de que los radios de curvatura de una elipse cambian con mucha suavidad y según una ley regular especial, por poco notable que sea la diferencia de sus ejes, si después de dividida la línea de marcha en partes iguales para determinar sobre ella el ancho de los peldaños, se construyen estos peldaños normales á la elipse, resulta que las extremidades correspondientes al ojo de escalera son mucho más estrechas hacia las puntas del eje mayor; de modo que, para corregir este inconveniente, es preciso dividir la curva interior en tantas partes iguales como se haya divi-

dido la línea de marcha, y los puntos de igual número en ambas curvas determinarán las direcciones de los peldaños.

Escaleras aisladas. Estas escaleras se utilizan para comunicar el interior de los pisos y por las cuales no debe transitarse mucho; así es que se las construye sin zancas y apoyadas únicamente en los puntos extremos, esto es, en el punto de subida y en el de llegada.

La fig. 1366 representa una escalera de esta clase sin espigón. Se la construye con peldaños llenos ó huecos. Si el ancho de los peldaños llenos no permite emplear pernos para consolidar las juntas, se incrustan entonces en la superficie inferior de la escalera unos hierros que se aplican á lo largo de su desarrollo.

Si la escalera está colocada en un ángulo de la sala, por ejemplo, entonces se la consolida con hierros entregados en los muros, ó bien se la sostiene con espigas de hierro suspendidas del techo.

La fig. 1367 es la proyección horizontal de una escalera de caracol con espigón y sin zancas. El ensamble de los peldaños se construye como ya se ha explicado (pág. 369); en cuanto á sus extremidades, se unen entre sí como en la escalera anterior. Como esta escalera lleva espigón, puede prescindirse de los apoyos auxiliares siempre que no deba soportar cargas considerables.

También se construyen escaleras de esta clase en las cuales cada peldaño lleva una especie de tubo cilíndrico de igual altura que ella, de modo que la porción de hélice del perfil inferior de cada peldaño se une á la superficie alabeada que conserva todo el espesor del peldaño cerca del espigón. Estos peldaños descansan unos sobre otros sin plano de junta normal. Todas las porciones del espigón están atravesadas por un eje común vertical de hierro.

Esta clase de escaleras tiene la ventaja que cuando no deban utilizarse se hacen girar todos los peldaños colocándoles en un mismo plano vertical, ó se las desmonta si así conviniese.

La fig. 1368 representa las proyecciones de uno de estos peldaños.

Modo de calcular una escalera de edificio. En general, en las construcciones se da al piso primero más altura que al segundo, á éste más que al tercero y así siguiendo, con lo cual se obtiene poder dar á los pisos bajos mayor altura á las aberturas para obtener mayor cantidad de luz, cuyo sistema, si bien es admisible en el casco antiguo de una ciudad, debido al sinnúmero de calles estrechas que hay en él, no lo es en su ensanche ó parte nueva en donde todas las calles acostumbran á tener mucha anchura; y si se hace es por la tendencia de los propietarios en poner todo lo bueno y mejor en los pisos bajos, y dejar para los altos lo mediano ó inferior; así, pues, pueden considerarse dos casos:

1.° Caso de pisos completamente iguales en altura.

2.° Caso de pisos de alturas distintas.

En el primer caso, el calcular una escalera no ofrece ninguna dificultad, por cuanto calculada hasta el primer piso, sigue del mismo modo y en la misma forma hasta el último. En el segundo, cada piso requiere un cálculo distinto.

Si en la construcción se establece lo que se llama piso bajo, entonces se destinan á éste los peldaños que sean necesarios según la altura que deba dársele, y entonces el cálculo se hace desde el último de estos peldaños.

Para calcular la caja de una escalera, supóngase que la altura del primer piso sea de 4 metros y que se quiera construir una escalera ni muy cómoda ni muy cansada, esto es, que los peldaños tengan 0'16^{m} de altura; para conocer el número de peldaños que se necesitan, se dividirá 4 por 0'16, cuyo cociente 25 será el número de peldaños nece-

sarios. Ahora bien: si la caja de la escalera no permite colocar estos 25 peldaños, deberá darse entonces mayor altura á los mismos; y como el máximo que puede darse es de 0,17^{m}, dividiendo 4 metros por esta cantidad, se obtienen 23 peldaños y una fracción, que debe añadirse gradualmente á los primeros peldaños.

Uno de los puntos que debe tenerse muy en cuenta es la longitud que se dé á los peldaños, puesto que de ello depende directamente el mayor ó menor número de los que puedan entrar en una altura determinada.

Supónganse los datos siguientes: 0'16^{m} altura del peldaño; 0'33^{m} huella, y 1'20^{m} largo, con una meseta ó descanso corrido. Sabiendo que deben entrar 25 peldaños, se dirá: 9 peldaños de un tramo, más 9 peldaños de otro tramo, más 7 peldaños del tercer tramo, igual á 25; pero como la meseta ya forma un peldaño, deberán dividirse los dos tramos primeros en 8 partes, el otro en 6, y se tendrá:

$$8 + \text{la meseta} + 8 + \text{la meseta} + 6 + \text{la meseta} = 25$$

En vez de poner 8 pueden ponerse 10, y entonces corresponderán 2 para el otro tramo, en esta forma:

$$10 + 1 + 10 + 1 + 2 + 1 = 25$$

de modo que los 25 peldaños pueden combinarse como corresponda á la caja de escalera.

La longitud de la caja de escalera se descompone en tres dimensiones (fig. 1349); A D, D C y C B, longitud de los descansos y longitud del tramo. Como se ha dicho que la longitud de los peldaños era de 1'20^{m}, debe buscarse ante todo lo que cogen los 8 peldaños á 0'33 de huella, que es 0'33 × 11 = 3'63, y para encontrar la longitud total se dirá:

Longitud A D de un descanso.	1'20 metros
» C B » »	1'20 »
» C D » tramo.	3,63 »
Lado A B de la caja.	6'03 metros

Para el lado A G se dirá:

$$0'33 \times 4 = 1'32$$

Longitud A E de un descanso.	2'20 metros
» F G » »	1,20 »
» E F » tramo.	1'32 »
Lado A G de la caja.	3'72 metros

De modo que con estos datos la caja de escalera tendrá 6'03^{m} de largo por 3'72^{m} de ancho; y como los peldaños tienen 1'20^{m} de longitud, quedará un ojo de escalera de 3'63 × 1'32 = 4'79 metros cuadrados.

Para el piso siguiente, si éste tiene igual altura que el primero, no tendrá que hacerse cálculo alguno, pues la escalera continuará del mismo modo; pero si su altura es menor, se colocarán el mismo número de peldaños, rebajándoles en altura la parte proporcional que les corresponda.

CAPÍTULO XXXIX

EMPLEO DEL HIERRO COMO AUXILIAR PARA CONSOLIDAR LAS MADERAS ENTRE SÍ

En carpintería el hierro se emplea:

1.° para unir piezas de madera entre sí;

2.° para aumentar su fuerza;

3.° para consolidar ensambladuras;

4.° para establecer sostenimientos ó puntos de apoyo;

5.° para servir de intermediario en el contacto de las maderas;

6.° para reemplazar algunas piezas de madera.

Los antiguos no hacían mucho uso del hierro en sus construcciones de madera; no así hoy día, que se ha ido extendiendo tanto, que es muy difícil encontrar construcciones en donde no juegue un papel muy importante en uno ó en otro sentido.

HIERROS EMPLEADOS PARA FIJAR Ó UNIR PIEZAS DE MADERA

LOS CLAVOS. Los clavos son varitas de hierro con cabeza, que sirven para recibir los golpes de mazo ó martillo, por los cuales se van introduciendo en la madera.

Su objeto es fijar las maderas para contenerlas, consolidarlas y clavarlas.

Los metales que se emplean para hacer clavos son el hierro, el zinc y el cobre, siendo el primero de ellos el que está más en uso.

Los clavos se dividen en: clavos forjados; clavos fabricados mecánicamente; clavos llamados puntas de París; clavos tundidos.

Los clavos forjados son los mejores á causa de su gran dureza, por la gran cohesión de sus moléculas debida al martillo que les da forma, si bien no resultan tan iguales como los mecánicos, por ser hechos á mano.

Los clavos mecánicos, como indica su nombre, están hechos con máquina, con un solo golpe que les da forma á una gran temperatura, con lo cual quedan muy quebradizos, y por lo mismo apenas se les emplea.

Los clavos llamados puntas de París son cilíndricos y se obtienen por medio de alambres, teniendo sobre el clavo la ventaja que,

siendo cilíndricos, trabajan hasta que se han introducido completamente en la madera, quedando perfectamente adheridos á ella.

Los clavos fundidos son de un material formado por una mezcla de hierro y carbón que no tiene la tenacidad del hierro solo.

El hierro para los clavos debe ser duro, fuerte y maleable, siendo el hierro dulce el de mejor clase, pues debe dejarse trabajar muy bien.

Las puntas deben tener aristas vivas y rectas, que no tengan escamas, las superficies bien lisas y la punta aguda.

En cuanto á su clasificación, se hace por longitudes y gruesos y por la forma de sus cabezas.

En el comercio se encuentran puntas de todos los gruesos y longitudes para todas las necesidades del trabajo.

Fig. 1369, punta de París de cabeza achatada ó sin cabeza, para que pueda introducirse completamente en la madera sin formar astillas.

Fig. 1370, punta de cabeza plana para unir piezas de madera.

Fig. 1371, punta de cabeza redonda ó de casquete, para que quede sobre la madera, para poderla arrancar con facilidad.

Fig. 1372, tachuela, llamada de tapicero, para clavar la tela sobre la madera.

Fig. 1373, tachuela de cabeza redonda, para el mismo objeto.

Fig. 1374, clavo de enlatar.

Fig. 1375, clavo de pavimento ó de aletas, que, como indica su nombre, sirve para unir las tablas ó piezas de los pavimentos.

Fig. 1376, clavos de aguja ó brocas, que sustituyen á los clavos grandes, pero deben estar fabricados con mucho cuidado.

Fig. 1377, clavos de cabeza redonda, empleados únicamente para fijar las barras planas de hierro en la madera.

Fig. 1378, grapa de dos puntas, que sirven para fijar las barras de hierro sin clavarlas en la madera.

Fig. 1379, clavo de cabeza taladrada, representado por dos proyecciones. Los clavos de esta especie sirven para fijar unas con otras las piezas de madera en los muros; la punta se introduce en la pieza receptora y la cabeza sobre la otra pieza, fijando á ésta por medio de un clavo.

Fig. 1380, clavo de uña, que sirve para mantener ó soportar una pieza de madera que no deba fijarse.

Fig. 1381, clavo de uña, con gancho, que sirve para fijar las maderas en los muros.

Fig. 1382, clavo de anillo para fijar los objetos en las piezas de madera.

Siempre que las puntas de los clavos pasen de la madera que atraviesan, se les remacha ocultando su punta, lo cual les da mayor fuerza.

Tornillos. Los tornillos son clavos entregados á la hilera para practicar en ellos una serie de filetes en forma de hélice, formados en la superficie cilíndrica ó cónica del clavo.

La dimensión de la rosca puede ser mayor ó menor según sean sus aplicaciones, siendo su cabeza más gruesa que la de los clavos, en cuyo centro tienen una hendidura que coge todo su diámetro, que es la que recibe la acción del atornillador que, al darles vueltas, los introduce en la madera.

Las formas de los tornillos son muy variadas.

Las condiciones que debe reunir un buen tornillo son: que el hierro sea bueno, dulce, fuerte y maleable.

Como la misión del tornillo es de sujetar ó retener, su labrado debe ser más esmerado que el del clavo. Los filetes deben ser pequeños y cortantes: pequeños, para que haya mayor superficie de contacto, y cortantes para que se introduzcan bien en la madera.

El paso de la hélice debe ser bien igual en todos sus puntos, para que al ir introduciéndose el tornillo no encuentre obstáculos

y corte la madera por un igual en todos sus puntos.

Generalmente se adoptan tres formas para las cabezas de los tornillos: la de casquete esférico, la cónica y la cilíndrica, representadas por las figs. 1383, 1384 y 1385, siendo todas ellas de base circular, empleándose generalmente la de casquete esférico y la cilíndrica para la madera, y la cónica para fijar hierros.

Al fijar los tornillos debe procurarse no dejar su cabeza saliente, porque hace mal efecto, de modo que se practica un rebajo en la madera, de igual diámetro y altura que la cabeza del tornillo, valiéndose para ello de la mecha inglesa (fig. 1386), á la cual se pone un anillo de cobre á la altura conveniente, que representa la del taladro.

La colocación de los tornillos puede hacerse con taladro y sin él.

Si la madera es blanda, no se hace taladro alguno, para que los filetes del tornillo puedan morder la madera; en cuyo caso basta presentar el tornillo, darle uno ó dos golpes con el martillo para que se introduzca un poco y se sostenga é introducirle luego con el atornillador.

En el caso de madera dura, se hace el taladro por medio del berbiquí ó la barrena.

Debe cuidarse mucho que la dimensión de la broca que se use para hacer el taladro sea igual ó un poco menor al diámetro del tornillo menos los filetes, para que quede madera suficiente donde alojar la hélice.

Deben untarse también los tornillos con grasa ó aceite antes de introducirlos en la madera, tanto para facilitar su introducción como para que no se oxiden.

Si deben colocarse en sitios húmedos, será preferible usar tornillos de cobre, que, como ya se sabe, resisten mejor á la oxidación.

Las figs. 1387 y 1388 representan dos modelos de tornillos, de anillo el uno y de gancho el otro, de uso también muy frecuente por los servicios que prestan.

GRAPAS DE PUNTAS. Estas son piezas formadas por hierros de dos puntas acodadas que se emplean para fijar piezas de madera entre sí en construcciones provisionales. Se emplean las planas de una cara y las de dos caras, dividiéndose estas últimas en dos especies, según se dirijan hacia la derecha ó hacia la izquierda.

Las figs. 1389 y 1390 representan una grapa plana. La primera está fabricada empleando el hierro de sección cuadrada; en la segunda, el hierro es plano.

Las figs. 1391 y 1392 representan grapas de dos caras. En la primera la sección del hierro es cuadrada y se dirige hacia la izquierda; en la segunda, el hierro es plano y se dirige á la derecha.

Se dice que una grapa va á derecha ó á izquierda, si, considerando un punto vertical y mirando hacia abajo, la otra punta es horizontal y se dirige á un lado ó á otro, mirando la grapa desde esta última punta.

Por lo general estas grapas se fabrican según pedido, de modo que no se encuentran en el comercio.

Para fabricarlas es preciso que, al forjar el hierro (fig. 1393) para darle la longitud y el grueso deseados, se le formen las puntas antes de hacer los codos y dar á éstos (fig. 1394) un poco más de hierro *m* para que quede un aditamento después de doblado, y pueda recibir los golpes de martillo al clavar las puntas en la madera.

La fig. 1395 representa en proyección y en corte dos piezas de madera aplicadas una contra otra y retenidas por grapas planas; es indispensable que éstas tomen tanta madera en un lado como en otro, colocándolas en ambas caras de las piezas, como expresa la fig. 1396, pero sin que se correspondan, á fin de que las puntas no se encuentren y evitar así que se raje la madera.

En la fig. 1397 están representadas también, por tres proyecciones perpendicu-

lares entre sí, una grapa *á la derecha, a*, que liga dos piezas que se cruzan.

Siempre que se tema una desviación de una pieza con relación á la otra, se coloca una segunda grapa *b* en el ángulo opuesto, expresado por líneas de puntos. Esta es una grapa *á la derecha;* si se hubiesen tenido que emplear grapas *á la izquierda*, se hubieran debido colocar en el ángulo *d e*.

PERNOS. Los pernos son espigas de hierro que, por medio de topes colocados en sus extremidades, sirven para retener con la mayor solidez las varias piezas de madera que atraviesan.

Antiguamente se empleaban, con el mismo objeto, llaves de madera y clavijas, que ofrecían ciertamente una gran resistencia; posteriormente se las sustituyó por pernos de clavija, y hoy día los únicos que se emplean son los pernos de rosca.

Los agujeros por donde pasan deben estar ejecutados con el mayor esmero, de diámetro igual al de los pernos, bien rectos y exactamente en la misma dirección que la de la acción que deban ejercer.

En las 18 figuras de pernos que van á describirse, cada uno de ellos está proyectado sobre un plano vertical paralelo á su eje; encima y debajo se encuentran las proyecciones horizontales de cada punta ó cabeza, ó de su tuerca, ó secciones horizontales según las líneas *x y*. Es inútil advertir que las piezas de madera que se unen se encuentran entre la cabeza y la tuerca del perno.

Fig. 1398, perno cilíndrico de cabeza redonda ó de casquete esférico taladrado en un extremo para recibir una clavija ó chaveta.

Fig. 1399, el mismo perno, al cual se añade una rodela que se interpone entre la madera y la clavija, para que ésta no pueda morder á la madera y ofrezca mayor superficie de presión.

Para que una clavija cumpla su misión es preciso que su grueso ocupe todo el ancho del ojo del perno; además, es indispensable que sea más ancha en un extremo que en el otro, para que haga el efecto de cuña; es preciso, además, que su contacto con el ojo del perno presente la misma inclinación que la pendiente de la clavija, para que el canto se aplique exactamente sobre la rodela.

Fig. 1400, segunda proyección del mismo perno.

Fig. 1401, perno cilíndrico de cabeza cuadrada.

Fig. 1402, el mismo perno con tuerca y rodela.

La cabeza de un perno de esta clase se introduce generalmente en la madera hasta que enrase su superficie, y se construye de modo que su superficie inferior sea un poco menor que la superior, para que al introducirse en la madera quede bien ajustada.

Fig. 1402, perno cilíndrico de cabeza exagonal de aleta, y tuerca igualmente de aleta, con el objeto de que los ángulos del polígono no muerdan la madera.

Debajo de las cabezas de los pernos se colocan á menudo, y también en las tuercas, unas clavijas anchas y gruesas, con el fin de aumentar la superficie de presión, en cuyo caso pueden disminuirse los diámetros de las cabezas y de las tuercas.

Fig. 1403, perno cilíndrico de cabeza cilíndrica, y tuerca de mariposa para poder roscar simplemente con los dedos.

Fig. 1404, perno cilíndrico de cabeza llamada romana, con su rodela: la tuerca es la que generalmente se introduce en la madera; de modo que lo que se mueve es el perno, movido por un hierro pasado por el ojo de su cabeza.

La pieza de madera *t* (fig. 1405), ensamblada á caja y espiga en la pieza *d*, está retenida por un perno de esta clase. El perno atraviesa la pieza *d* y penetra á hilo en la pieza *t* por el centro de su espiga. La tuerca se introduce en un agujero practicado

en la pieza *e*. La cabeza de este perno es exagonal y se rosca con llave.

Fig. 1306, perno de dos tuercas. La tuerca inferior se introduce en la madera por el lado de la pieza que debe recibirle; se atornilla en ella la punta del perno, pasándola por el agujero, y con la tuerca superior se va roscando con una llave. Entre la tuerca y la madera se coloca una rodela como en los demás casos.

La pieza *e* (fig. 1405), ensamblada á caja y espiga en la pieza *d*, está retenida por un perno de dos tuercas; una de ellas se introduce en el eje de la pieza *d* por la caja *g*; la tuerca exterior es exagonal y apoya en una rodela.

En la fig. 1425, el par *p* está retenido en el tornapunta *s* por medio de un perno de esta clase.

Fig. 1406, perno de cabeza y tuerca cónicas. Este perno se emplea para fijar hierros incrustados en la madera, de modo que la enrasen.

Fig. 1407, perno cilíndrico de cabeza cónica, con tuerca de redientes.

Fig. 1408, perno cilíndrico de cabeza cuadrada con aleta redonda. La tuerca es romboidal y se introduce en la madera.

Fig. 1409, perno cilíndrico de cabeza y tuerca redondas con ranura de tornillo.

Las tuercas de los pernos (figs. 1406, 1407 y 1409) se atornillan con llaves de la forma representada en las figs. 1410 ó 1411. La cabeza del perno (fig. 1409) está hendida para poderle retener con un atornillador, mientras se rosca la tuerca.

La tuerca del perno (fig. 1408) pormanece fijo en la madera, mientras se atornilla el perno por medio de una llave como la representada (fig. 1412).

Fig. 1309, perno con cabeza de clavija y tuerca cuadrada, muy empleado cuando falta sitio para que entre por la parte en donde debe descansar la cabeza, en cuyo caso se le introduce en sentido inverso; y una vez en su sitio, se le coloca la cabeza y la clavija; entonces se aprieta la tuerca.

Se emplean también pernos de esta clase con tuercas circulares dentadas (fig. 1313) para ensambles de zancas de escalera.

Fig. 1413, perno de cabeza y espiga cuadradas.

Generalmente á los pernos se les da el diámetro que se juzga necesario para que resistan el esfuerzo de tracción que deban soportar, debiendo guardar, sin embargo, la debida proporción con su longitud, pues ésta puede ser tal que no le permita resistir á la torsión que pueda producir la tuerca al girar, en cuyo caso deben emplearse los pernos de sección cuadrada (fig. 1413). El agujero en donde se les coloca se hace redondo, dándole un diámetro un poco menor que la diagonal del cuadrado de su sección, para que al introducir el perno á martillazos, sus aristas muerdan en las paredes del agujero y no pueda torcerse su espiga al apretar la tuerca.

Si el grueso de las maderas es muy considerable, es preferible emplear un perno de dos tuercas (fig. 1414). Se hace el agujero redondo de igual diámetro que el del perno; y una vez atravesada la madera se rosca la tuerca, que entonces hace las veces de cabeza. La otra extremidad tiene entre la espiga y la rosca un regrueso exagonal, ó cuadrado, ó de aletas, que se introduce en la madera debidamente preparada, colocando finalmente la tuerca junto con la rodela correspondiente. También se puede practicar un agujero en el perno (fig. 1415), para colocar en él una clavija de hierro que, si no tiene mucho grueso, puede ir clavada en la madera.

Estas disposiciones tienen por objeto impedir que la espiga del perno se tuerza cuando se aprieta la tuerca.

Fig. 1416, perno de cabeza cuadrada y de espiga de ocho lados.

Fig. 1417, perno cilíndrico y de sección cuadrada cerca de la cabeza, la cual es re-

donda aplanada; este perno se emplea cuando su cabeza deba apoyar sobre hierro de agujero cuadrado.

Fig. 1418, perno de anillo, con tuerca de una sola oreja.

Los pernos deben estar fabricados con el mejor hierro maleable, engrasándolos antes de colocarlos para que no se oxiden. También deben engrasarse sus taladros y sus tuercas, así como las rodelas, á fin de facilitar el movimiento de rotación que se da á las tuercas.

Siempre que se quiera operar una gran presión, es preciso colocar varias rodelas en una misma tuerca, para que el movimiento de rotación sea más suave, puesto que así se debilita el roce repartiéndole entre las superficies de todas las rodelas.

Las condiciones que deben reunir los pernos son las siguientes:

1.ª Que las cabezas estén bien consolidadas en las espigas ó que estén bien colocadas, y no admitir ninguno cuyas cabezas estén simplemente remachadas. Las cabezas formadas por una pieza soldada en la punta de la espiga, son preferibles á aquellas cuya soldadura se obtiene en un anillo ó agujero.

2.ª Que los pasos de rosca estén bien hechos y sean de arista viva.

3.ª Que el taladro se haga con mucha lentitud para que no se rompa el nervio del hierro, estirándole en sentido de su longitud con demasiada viveza.

4.ª Que la tuerca se taladre en frío, pero también con mucho cuidado; que no sea hojosa, que su base sea perpendicular á su eje, para que al prestar fuerza no pueda curvar al perno.

5.ª Que el perfil del paso de rosca de la tuerca y el del perno, así como los diámetros y los pasos de ambos, sean iguales, para que todos ellos obren con igualdad y hagan el mismo esfuerzo.

En general, el vuelo de los pasos de rosca de un perno en el agujero que debe recibirle, debe ser la décima parte del diámetro de éste. El paso, esto es, la cantidad de movimiento de subida de cada rosca en una vuelta entera, debe ser un quinto ó un sexto del agujero, ó bien un sexto ó un séptimo del diámetro del perno.

El diámetro exterior de una tuerca debe ser el doble del diámetro del cuerpo del perno.

Las tuercas deben tener suficiente espesor para recibir cinco ó seis pasos de rosca, y aun más si es posible, si la presión debe ser mucha.

Estas observaciones deben tenerse en cuenta para todas las piezas de hierro que deban llevar rosca.

En el caso que se tema el aflojamiento de una tuerca debido á un movimiento de rotación retrógrada ocasionado por una causa cualquiera, se añadirá otra tuerca, llamada contra-tuerca, con lo cual se obtiene una presión extraordinaria.

Llaves. Si la presión que debe producirse es excesiva, entonces no basta el esfuerzo de la mano para roscar las tuercas, y deben emplearse las piezas llamadas *llaves*.

La fig. 1412 es una llave doble para tuercas cuadradas de dos tamaños distintos.

Fig. 1419, llave sencilla recta para tuercas y cabezas exagonales.

Fig. 1420, llave doble en forma de S para tuercas cuadradas que no puedan alcanzarse directamente.

Fig. 1410, llave de horca para tuercas que sólo pueden alcanzarse lateralmente.

Fig. 1421, llave cuya extremidad *a* sirve para tuercas (fig. 1406), lo mismo que la extremidad *b* (fig. 1407).

Fig. 1422, llave, llamada *inglesa*, para tuercas de todas formas y dimensiones debido á que la distancia entre los dos dientes *m*, *n*, puede cambiar con relación al grueso de la tuerca que debe moverse. El diente *m* fijo en la espiga *p* es movible y se separa ó se aproxima al diente *n* fijo en la espiga *o* por medio de la rosca *r*.

Fig. 1423, destornillador.

Fig. 1424, llave para tuercas de la forma (figs. 1406, 1407 y 1409).

BRAGUEROS Ó PINCHOS. En algunos casos, las piezas de madera se unen por medio de pernos fuertemente apretados por tuercas, para impedir que se hiendan ó rayen, los cuales se colocan perpendicularmente á las fibras; pero en general se emplean con el mismo objeto unas piezas llamadas bragueros ó pinchos formados por una ó varias piezas.

Las figs. 1425, 1426, 1427, 1428 y 1429 son bragueros sencillos, compuestos de anillos redondos, cuadrados, octogonales ó de lados formados por una faja de hierro suficientemente ancha y gruesa cuyas extremidades están soldadas con el mayor esmero.

Para que un pincho cumpla bien su misión, debe cuidarse primeramente que la madera á la cual se aplica esté bien seca; dar un poco de entrada al emplazamiento en donde se le coloque á fin de que se pueda introducir á martillazos, y colocarle en la parte más gruesa de la madera, en donde se le retiene por medio de clavos ó puntas clavadas exteriormente. También se puede calentar el hierro á una temperatura que no queme á la madera, en cuyo caso, dilatándose el hierro y entrando igualmente á martillazos, al enfriarse se va contrayendo y cumple mejor con su objeto, que es el sistema que se emplea para colocar las llantas de las ruedas.

También se emplean los pinchos oblongos para retener los pares en las esperas de sus ensambles con los tirantes, como se ve en las figs. 1079 y 1138. A estos pinchos se les da la forma inclinada que presentan las piezas, y se les retiene con clavos resistentes colocados exteriormente para no debilitar el hierro.

La fig. 1431 es un pincho circular de dos piezas, para maderas puestas de plano; las dos juntas están formadas por dos aletas unidas por pernos de rosca con tuerca.

Si la presión no debe ser considerable y puede emplearse hierro delgado, se hace el pincho de una sola pieza, bastando una junta solamente (fig. 1430).

Algunas veces esta misma junta, en vez de estar fijada con un perno de tuercas, está formada por dos anillos atravesados por una clavija ó chaveta, representados por las figs. 1432 y 1433.

Para empalmar dos estacas se consolidan sus empalmes por medio de pinchos de dos juntas y chavetas. La fig. 1434 representa las proyecciones de dos piezas de sección redonda empalmadas en esta forma. Su empalme está consolidado por pinchos compuestos de dos piezas que muerden la superficie de la madera enrasándolo. En *a* está representado un pincho, y en *b* el rebajo que debe recibir al otro pincho. En los puntos correspondientes á los anillos y chavetas se forman cajas que tengan las dimensiones necesarias para poder verificar las juntas de los hierros.

La fig. 1435 representa otro medio para consolidar empalmes, empleando pinchos de anillo de una sola pieza. Se disminuye el diámetro de las puntas de las piezas para que el pincho *c* tenga paso y esté retenido en la pieza inferior. En la figura está representado un pincho solamente, pero pueden colocarse otros dos, en *d* y en *e*, en cuyo caso debe prepararse la madera para darles paso antes de proceder al empalme de las piezas.

Las piezas cuadradas pueden también consolidarse bien, sean de una sola pieza ó consten de varias, empleando pinchos de dos y de cuatro partes. La fig. 1436 representa un pincho cuadrado de dos piezas, cuyos anillos están situados en los ángulos opuestos. También podría colocarse una en cada ángulo, ó también en dos caras opuestas ó en las cuatro, en cuyo último caso, las juntas podrían ser de chaveta, como en las figs. 1432 y 1433.

Las juntas de anillo y en particular las co-

locadas en las aristas de las piezas, no dan el resultado que á primera vista parece á causa de la inclinación y desviación que puedan experimentar las aletas por falta de perfecta coincidencia de sus superficies de contacto.

La fig. 1437 representa un pincho para piezas cuadradas, que no deja nada que desear con relación á la presión que debe ejercerse; se compone de cuatro bridas que terminan en un cilindro de rosca que penetra en el ojo de la otra brida contigua cerrándole por medio de una tuerca.

La fig. 1438 representa una de estas bridas vista de plano.

ABRAZADERAS. Las abrazaderas son una especie de pinchos que sólo deben ejercer presión en un solo sentido.

La fig. 1439 representa dos abrazaderas *a*, *b*, que unen unos tablones aplicados unos contra otros. La abrazadera *r* tiene la forma rectangular formada por dos codos. La abrazadera *b* tiene la forma de U y se emplea para evitar la rotura de los codos, que es la parte más delicada.

En ambos modelos la presión se ejerce por los travesaños *m*, por cuyos anillos pasan las puntas de rosca de los brazos, con tuercas.

La fig. 1440 representa este travesaño visto de plano.

Estas abrazaderas se emplean comúnmente, junto con los pinchos, para consolidar los ensambles con espera de los pares de los cuchillos de armadura con los tirantes.

Su dirección debe ser perpendicular á la cara superior del par.

También se emplean las abrazaderas para unir piezas de madera que se crucen, como representa la fig. 1405.

La pieza *a* se une á la pieza *c* por medio de una abrazadera única *g*; la pieza *b* y la pieza *c* se unen por medio de dos abrazaderas *m* y *n* colocadas en sentido inverso y que producen presión recíproca en el mismo sentido.

La pieza *c* y la pieza *d* se unen igualmente por medio de dos abrazaderas *p* y *q* del mismo modo que las piezas *b* y *c*.

Esta clase de abrazaderas se emplean cuando no bastan los pernos, ó cuando por la naturaleza de las maderas se tema puedan henderse.

Las abrazaderas empleadas en esta forma no necesitan travesaños, bastando simplemente las rodelas.

FORMAS DE HIERROS PARA SUJETAR MADERAS EN LOS MUROS. La fig. 1441 representa tres medios de sujeción de las maderas en un muro. En A se halla un perno entregado con mezcla en el muro, destinado á atravesar una pieza de madera para consolidarla en él. Para su perfecta estabilidad y solidez, la punta del perno forma dos aletas que hacen el efecto de ganchos.

En B, la banda ó faja acodada *g* abraza á una pieza de madera *b* aplicandola contra el muro.

En C, los dos pernos *p p* entregados en el muro, semejantes al perno A, retienen entre sí á una pieza de madera *t* aplicada en él por medio de una brida ó travesaño *e*.

HIERROS EMPLEADOS PARA CONSOLIDAR LOS ENSAMBLES

FAJAS Ó BANDAS DE HIERRO. Al emplear estos hierros como medio de consolidación de dos ensambles, deben curvarse sus extremidades como se ha indicado en la fig. 1410, para que puedan morder la madera introduciéndose en los rebajos practicados con este objeto.

Para consolidarlas, en vez de emplear clavos ó puntas, son preferibles los tornillos, y mejor aún los pernos.

Si estas bandas se emplean para consolidar un empalme y se ve la necesidad de emplear dos de ellas, no se colocarán nunca las dos en una cara, sino una en cada cara opuesta, á menos que exista imposibilidad material de poderlo ejecutar.

Estribos. Cuando aun no se conocía el uso del hierro en las construcciones de carpintería, las piezas de madera se retenían en los muros por medio de llaves igualmente de madera, como se ve en la basílica de San Pedro de Roma (fig. 1058).

Asimismo, los pernos de los ensambles á cepo, no eran más que unas llaves de madera que los atravesaban, consolidándoles con chavetas resistentes de madera.

Al principiarse, al emplear el hierro, las primeras piezas con que se sostenían las maderas eran bandas ó fajas de hierro que las envolvían, prolongándose sobre los pendolones en los cuales se fijaban por medio de clavos resistentes.

Estos estribos tenían la forma representada (fig. 1442) por las proyecciones, sólo que aquí en vez de clavos se han colocado pernos de rosca.

La misma forma sirve también para consolidar los pares con los tirantes (fig. 1075) y con las ocupaciones de los puentes (fig. 1152), en cuyo caso es preciso que la parte del estribo que apoya en el plano inclinado del par, tenga la misma inclinación que él y esté retenida con un clavo muy resistente ó por dos clavos que atraviesen unas aletas inclinadas como el par. De no ser así, debe introducirse esta parte en la madera enrasando su superficie, ó que el estribo sea perpendicular á su cara superior.

Antiguamente se empleaban estribos como el representado por la fig. 1443, que constan de dos brazos iguales *a b*, aplicados á ambos lados del ensamble de una viga *m* con un pendolón *n* retenidos por los travesaños de hierro que atraviesan sus extremidades. Las cuñas *o* sirven para oprimir el travesaño inferior (fig. 1446) y consolidar el ensamble.

Si los pernos representados en la fig. 1405, para sostener la pieza *d* unida á la pieza *e* ó á la pieza *f*, no bastan para la completa solidez del ensamble, en este caso se emplearán las bandas de rosca (fig. 1444), las cuales están clavadas al pendolón y cuyas extremidades llevan rosca que atraviesa la pieza *r* y la sostienen por medio de tuercas y rodelas.

La fig. 1445 es un detalle de un estribo que une un par con un tornapunta del sistema Emy. Este estribo está formado por dos fajas rectas *m* terminadas por su parte superior en pernos que atraviesan el par *p* y reciben las tuercas *z* que cierran la junta. Estas dos fajas rectas están unidas por otra faja curva *n* por medio de dos chavetas *x* é *y*, emplazada ésta en una caja ó ranura labrada en el tornapunta *r*. Las juntas son semejantes á las de la fig. 1433, y el asiento de cada tuerca se encuentra en unas entalladuras labradas en el par.

Si la presión no debe ser considerable y la parte curva del estribo puede ejecutarse con una faja delgada y flexible, en este caso éste formará una sola pieza con los brazos, como está representado en *t u v*.

En la fig. 1424, los tornapuntas *f* y *f'* están unidos al par *p* por el mismo sistema representado en las figs. 1405 y 1444, habiéndose consolidado aun más la unión, empleando las puntas de los estribos encorvadas é introducidas en la madera.

Si los pernos ó piezas de rosca, además de la presión que ejercen, deben presentar resistencia en dirección perpendicular á sus ejes, debe cuidarse que la rosca no se extienda á los puntos en donde dicha presión deba ejercerse, principiando solamente fuera y debajo de las rodelas á fin de que el contacto de las partes que obran en este sentido den sobre las partes cilíndricas de los pernos ó de las piezas, y no sobre los pasos de rosca,

que entonces se destruirían inevitablemente hasta llegar á romper el hierro.

ESCUADRAS. Estas piezas se emplean para consolidar los ensambles, y en particular para mantener en posición invariable las piezas que forman ángulos.

Las hay de dos clases: las escuadras planas y las de canto.

La fig. 1447 representa una escuadra plana en un ensamble de ángulo. Para que una escuadra de esta clase dé el resultado necesario es preciso que esté incrustada en la madera, si no completamente, á lo menos en más de la mitad de su grueso, reteniéndola por clavos, por tornillos ó por pernos, y doblando sus puntas para que puedan morder la madera.

La fig. 1448 representa una escuadra de T para un ensamble formado en un punto cualquiera de una pieza.

En las obras de poca importancia sólo se coloca una escuadra en el lado menos aparente; no así en las obras importantes, en las cuales se colocan dos escuadras gemelas, una en cada cara, haciendo de modo que se correspondan para poderlas atravesar con pernos.

La fig. 1410 representa el ensamble de dos piezas de madera *a* y *b* que forman ángulo con otra *c* que les es perpendicular.

Este doble ensamble está mantenido por dos escuadras de canto, colocadas una en la parte exterior y otra en la parte interior del ensamble. Estas escuadras se corresponden y están atravesadas por pernos comunes á ambas y por clavos alternados.

La fig. 1449 es una proyección de uno de los brazos de la escuadra exterior, la cual, así como la interior, que á veces se prescinde de ella, no hay necesidad de incrustarlas en la madera.

Los brazos de una escuadra, bien sea plana ó de canto, no siempre forman ángulo recto entre sí, dependiendo del que forman las piezas de madera que se consolidan.

A pesar de los servicios que prestan las escuadras en muchos casos, son preferibles en general las fajas de rosca de las figuras 1405, 1444 y 1424, por cerrar mejor los ensambles y ofrecer mayor resistencia á la rotura.

Siempre que deba impedirse que un ángulo se cierre, se pondrán canes, tacos ó cadenas; y si lo que se trata de impedir es que se abra, es preferible usar tirantes de hierro colocados diagonalmente.

TIRANTES

JUNTAS PARA FAJAS Y BARROTES. Los tirantes se emplean para unir y combinar las partes de un entramado muy distantes unas de otras. Si las distancias son muy grandes, los tirantes no se hacen de una sola pieza; por lo tanto es preciso reunir varias de ellas por medio de juntas muy sólidas y que den la tensión conveniente á la totalidad del tirante.

Las figs. 1450 y 1451 son las proyecciones de varios medios de unión para las partes de un tirante.

Fig. 1450, partes de tirantes formados de bandas planas; *a*, proyección vertical de una junta de chaveta; *a'*, proyección horizontal de la misma junta para el caso en que el tirante esté aislado; *a''*, proyección horizontal para el caso en que el tirante esté adosado á algún muro ú otra pieza.

b, dos proyecciones de una junta de aletas, unida por un perno de cabeza romana.

c, dos proyecciones de una junta de dobles aletas, unida por dos pernos de tuerca. Esta junta es preferible á las anteriores, por cuanto al apretar los pernos con igualdad, se obtiene el mismo esfuerzo á ambos lados del tirante.

d, junta plana, cerrada por dos pernos con tuercas y rodelas.

Fig. 1451, tirante formado por barrotes cuadrados.

e, junta de rosca, formada por dos piezas roscadas en una tuerca común, la cual para que produzca tensión, es preciso que las roscas estén en sentido inverso, tanto las de los tirantes como las de la tuerca.

f, junta con perno de dos espigas, con una sola cabeza romana y dos roscas en sentido contrario.

g, junta plana que consta de dos espigas *x*, que forman parte de la extremidad del tirante *p*, que se introducen en las cajas formadas en el tirante *q*. La junta de este ensamble se consolida con los bragueros ó pinchos *v*, *y*, *z*, que resbalan á voluntad á lo largo del ensamble, puesto que las espigas ó clavijas *x* enrasan la superficie del tirante.

CADENAS. Las cadenas se emplean también en carpintería como tirantes, en cuyo caso sólo deben estar compuestas de eslabones muy largos terminados en anillos como el representado en la fig. 975.

Las cadenas compuestas de eslabones anulares redondos ú ovalados no deben emplearse nunca como tirantes, en atención á que su fuerza es tan sólo una vez y media la del hierro que forma los eslabones, y que, por consiguiente, se sobrecargan con un peso mayor que el necesario para el efecto que se desea, aparte de la mayor elasticidad que les da esta misma forma.

HIERRO INTERPUESTO EN LOS ENSAMBLES

Se ha observado desde mucho tiempo que la poca duración relativa de la madera es causa de que los contactos de los ensambles no ofrezcan siempre la resistencia suficiente á las presiones que experimentan, bien sea por la compresión de unas fibras con otras ó por su repulsión, de cuyo inconveniente resulta un movimiento en los ensambles ó desnivelaciones en los entramados.

Mathurin Jousse propuso llenar las juntas con planchas de plomo, lo cual si bien dió resultados en piezas verticales, no así en otros ensambles, debido á la poca resistencia de este metal á la presión.

Grubenman propuso el empleo de planchas de hoja de lata, de zinc ó cobre; mas, atendido el poco espesor de estas planchas, no se obtenía completamente el objeto propuesto.

Habiendo reconocido Betancourt que *obrando las maderas en dirección de su longitud, no deben en ningún caso ni directa ni indirectamente ejercer sus esfuerzos de presión sobre las piezas que reciben sus ocupaciones*, propuso que sus arranques descansasen en cajas de fundición. La fig. 1452 representa las piezas de fundición que reciben las péndolas gemelas, evitando que las maderas estén en contacto directo de los cuchillos construídos por el mismo para el patio de ejercicio de Moscou.

Rondelet observa, á propósito de este sistema, que en vez de estas piezas de fundición, que son de un peso considerable y cuya solidez es algo dudosa, podría emplearse una simple caja colocada entre las piezas gemelas, como está indicado en la fig. 1453.

En los cuchillos representados por las figuras 1454 y 1455 se encuentran otros ejemplos del empleo del hierro fundido, como intermediario en los ensambles. Las figuras 1456, 1457, 1458 y 1459 son los detalles de las piezas de hierro empleadas en ellos, y en los cuales quedan suprimidos los pendolones.

Este sistema de construcción puede aplicarse á espacios mucho mayores, aumentando el número de pernos ó agujas colgantes de hierro, así como también el número de cadenas, como se ha indicado en la fig. 1454.

Los pernos de hierro forjado que se emplean en estos cuchillos sirven tanto para

suspender los tirantes como para impedir el movimiento de una de sus puntas por efecto de la flexión de la otra punta, debido á la desigualdad de cargas no simétricas del tirante.

En los cuchillos para tinglados también se ha empleado el hierro fundido, como está expresado en conjunto en la fig. 1460, y en detalle en las figs. 1461, 1462 y 1463, dando muy buenos resultados.

CAPÍTULO XL

EMPLEO DEL HIERRO EN LA COMPOSICION DE LOS ENTRAMADOS DE MADERA

El empleo del hierro que se considerará en este capítulo, no es, como en el anterior, un auxiliar para la solidez de los ensambles, sino que se tratará del partido que puede sacarse de él combinándole en los entramados, para reemplazar con ventaja y economía las piezas principales de madera. Se concibe que las piezas de hierro combinadas de este modo con las de madera deben, como éstas, tender á resistir los esfuerzos de presión y de tracción en sentido de su longitud, según las posiciones en que se las coloque.

Las piezas de hierro empleadas para resistir los esfuerzos de presión deben emplearse muy raramente en las partes altas del entramado, á menos que se las curve ó que presente suficiente resistencia en poco grueso; si estas piezas tuviesen dimensiones mayores, darían mayor peso del necesario, y, por lo tanto, no resultaría economía en el sistema.

El hierro fundido aplicado á piezas constituyentes de los entramados, sólo se emplea para apoyos verticales; el hierro forjado puede emplearse igualmente con el mismo objeto; no obstante, es más ventajoso y económico el primero.

En cuanto á la resistencia á la tracción, el hierro forjado es el único que satisface á las necesidades del arte, por cuyo motivo se le emplea con profusión hoy día.

De la combinación de la madera y el hierro resultan construcciones mucho más ligeras que empleando la madera únicamente y más económicas que las de hierro.

Cuchillos de madera con tirantes de hierro. La aplicación más sencilla que puede presentarse del empleo del hierro en cuchillos de carpintería es el reemplazar los tirantes de madera por tirantes de hierro.

La fig. 1464 representa un cuchillo de esta clase, y la fig. 1466 una porción de los cuchillos longitudinales de la cumbrera.

En ellos el tirante está formado por una barra redonda de hierro forjado, cuyo centro está sostenido por otra barra vertical unida al pendolón.

En este cuchillo debe notarse la forma regular del polígono formado por el puente,

contrapares y tornapuntas, cuya construcción, para obtener este resultado, es la siguiente:

La línea *a b* representa la inclinación de la cubierta, trazada en un punto cualquiera del plano del cuchillo; la vertical *m o* indica la posición del paramento interior de los muros; por un punto cualquiera *p* de la línea *a b* se tira una perpendicular que determina el punto *c* sobre la vertical *c b*. Se hace *p a* igual á *p b;* la línea *c a* prolongada encuentra al eje vertical *m o* determinando el radio *c o* del arco de círculo *o x y z*, el cual se divide en tres partes iguales y da las extremidades de las cuerdas *o x*, *x y*, *y z*, que son las líneas de centro de los tornapuntas y de los contrapares.

La fig. 1465 es la proyección horizontal del detalle de una de las extremidades del tirante que va unido á las gemelas *s*, que retienen á los pares y tornapuntas del cuchillo. La abrazadera *r* está unida por pernos y lleva en su centro, colocado en el hueco de las gemelas, un tope de rosca que recibe la parte cilíndrica de la tuerca *u*, representada fuera de la figura. Para el montaje, se rosca con una llave la parte exagonal *t* de la tuerca, mientras que con otra llave se impide el movimiento de rotación á la parte *q* del tirante, dándole de este modo la tensión que se desee.

Cubiertas de los docks de Liverpool. Como ya se han dado ejemplos en las figuras 1093 y 1094, para contrarrestar los empujes de los pares sobre los muros, se han empleado con bastantes resultados cruces de san Andrés, de madera, y en particular con el objeto de suprimir los tirantes, en las figuras 1010, 1011 y 1012.

La acción de estas cruces de san Andrés se sustituye en estos cuchillos por dos tirantes de hierro inclinados (fig. 1460), compuestos cada uno de ellos de tres piezas y unidos á un pendolón de hierro vertical que atraviesa al tirante. La otra extremidad está fija á una zapata colocada sobre el montante ó columna de hierro que sostiene la armadura la cual recibe al par.

Los detalles de esta zapata están representados en la fig. 1461; en la fig. 1463 se le ve de frente y colocado en la solera de unión de los cuchillos.

La fig. 1462 es un detalle de la pieza de fundición que recibe los pares y la cumbrera.

En este cuchillo podría fácilmente suprimirse el puente siempre y cuando se diese á los pares la resistencia suficiente para sostener las correas y la cubierta, puesto que el pendolón *x* es suficiente para el caso.

Sistema Emy para cuchillos de hierro y madera. La fig. 1467 representa un cuchillo de este sistema, en el cual los tirantes *m* impiden la acción de los empujes de la cubierta, y van desde las extremidades inferiores de los pares *r* hasta la punta del pendolón de madera *f*, que también podría ser de hierro.

Con el objeto de poder emplear hierros más delgados, Emy coloca tres filas paralelas de tirantes *m*, *m'*, *m''*, siendo éstos dobles, para que puedan obrar á ambos lados de los pares, de los tornapuntas *q*, *q'*, *q''*, *q'''*, y del pendolón *t*.

La particularidad de este sistema consiste en el empleo de los tirantes *m*, *m'*, *m''*, tanto para impedir los empujes de la cubierta, como la flexión de los pares, combinándoles con los tornapuntas de hierro *n*, *n'*, *n''*, inclinados en sentido inverso y apoyados en escuadras de ángulo que consolidan los tornapuntas correspondientes á las correas.

Siendo este emplazamiento de 16 metros de ancho y debiendo tener la cubierta una altura de un tercio de su base, se toma á cada lado el punto *a*, ó intersección de los pares con la zapata, que coincida con el paramento interior del muro; la altura *b c* sobre la línea *a a* es el tercio de esta línea, y la línea *a b* representa la cara inferior del par.

El punto *f* del pendolón está tomado sobre el punto *c*, á los dos quintos de la línea *c b*. Las líneas *a f* marcan las posiciones de los primeros tirantes, cuya intersección con las líneas de centro de los pares da los puntos de unión *a'* del tirante con el par, así como el punto *f* indica el punto principal de unión de los dos tirantes con el eje vertical del pendolón.

Dividiendo la línea *a' b'* en cinco partes iguales, se determinan las posiciones de las líneas de centro de las correas y de los cuatro tornapuntas que les corresponden. Estas mismas líneas de centro por su intersección con los tirantes *m*, dan los emplazamientos de los demás tirantes *n*, *n'*, *n''*, inclinados en sentido inverso de los primeros.

Sostenidos de este modo los cuatro tornapuntas de madera, se comprende perfectamente que se opondrán á la flexión de los pares, así como los tirantes *m m' m''* contrarrestan los empujes de la cubierta.

La fig. 1468 es una proyección del cuchillo longitudinal de la cumbrera, que consta de los tirantes horizontales *o* que conservan la verticalidad á los pendolones impidiendo su oscilación. Estos tirantes, de un diámetro muy pequeño, no están colocados exactamente á igual altura, con el fin de poder cerrar las tuercas con facilidad y poder dar la tensión que convenga.

Las cruces de san Andrés, igualmente de hierro, fijas en la cumbrera y en los pendolones, son las que sostienen á los pendolones intermediarios *z* de la cumbrera, y al mismo tiempo aseguran la estabilidad del entramado en sentido longitudinal.

Las figs. 1469 y 1470 son las proyecciones verticales de los estribos de hierro *g* que retienen el pendolón *t* por medio de los tirantes *h*. En las mismas figuras se ve el detalle de las piezas *k* de unión del pendolón con los tirantes gemelos *m*, *m'*, *m''*.

La fig. 1471 es la proyección de la cara superior de un par.

La fig. 1472 es la de sus caras de paramento. Ambas figuras presentan los detalles de los hierros que unen ó retienen los tirantes con los pares. Las piezas de dos brazos *a* se aplican á cada cara de paramento del par y van unidas á una abrazadera que pasa por encima del par, unido todo por medio de pernos.

En la fig. 1473 se ve el perfil de esta unión.

Las figs. 1474 y 1475 son dos proyecciones de la extremidad de uno de los tirantes de este cuchillo.

Las figs. 1476 y 1477 son dos proyecciones de uno de los tirantes que forman cruz de san Andrés y que se unen á los anteriores en su punto medio.

La fig. 1478 representa dos proyecciones de las piezas de unión de los tirantes con los pares, compuestos como los de la fig. 1472, sólo que el ángulo formado por la abrazadera es distinto con relación á la inclinación del par.

Las ventajas que ofrece este sistema son las siguientes:

1.ª Supresión de los tirantes de madera, y por consiguiente poder obtener mayor altura, tan útil en los talleres de construcción.

2.ª Disminución en el peso de los cuchillos sobre los muros.

3.ª Producir una economía muy notable por la supresión de las grandes piezas de madera, y reducción de escuadria en las que subsistan.

4.ª Mayor facilidad en la colocación de los cuchillos, en atención á que éstos, debiendo montarse sobre el terreno al nivel de las soleras, su poco peso hace el trabajo menos costoso.

El empleo de tirantes gemelos presenta la gran ventaja de poderles reemplazar con la mayor facilidad siempre que convenga.

La fig. 1479 representa un cuchillo de 8'40^{m} de largo, construído por Camilo Polonceau, con madera y alambre de 0'006^{m} de diámetro para los tirantes.

La fig. 1480 representa un cuchillo ideado por los señores Aubrun y Herr, compuesto de seis péndolas verticales y un pendolón, colocadas á igual distancia unas de otras, por medio de travesaños horizontales y por cuyas extremidades pasa un tirante de cuerda.

A pesar de la novedad de este sistema, tiene el inconveniente de disminuir la altura del espacio cubierto, el cual está sujeto á grandes oscilaciones, á causa de la elasticidad de la cuerda y de sus variaciones higrométricas.

VIGAS ARMADAS. En la fig. 1481 está representada una viga armada por medio de un pendolón colgante y dos tirantes de hierro inclinados.

Los ingleses colocan los tirantes en el espesor de la viga de modo que no sobresalgan, como representa la fig. 1482, pudiéndose colocar uno en cada cara, ó bien parten verticalmente la viga en dos, colocando entre ambas partes la armadura de hierro, uniendo el todo por medio de pernos.

En la fig. 1483 se representa otra disposición en la cual los tirantes no ocupan más que una parte de la longitud de la viga á la cual se sujetan por pernos. Se la puede taladrar también oblicuamente y colocar en estos taladros los tirantes, reteniéndoles igualmente con pernos.

CAPÍTULO XLI

APEO DE CONSTRUCCIONES

El apeo no es más que un armazón de madera ó de hierro, ó combinada con albañilería para consolidar construcciones.

El apeo tiene por objeto:

1.° Dar á las construcciones, momentáneamente, apoyos para evitar derrumbamientos ocasionados, ó por defectos de la obra ó por vicios de las fábricas, á las cuales se las apoya para que no perjudiquen á las construcciones inmediatas, pudiéndose por este apoyo momentáneo proceder á las reparaciones que sean convenientes.

2.° Sostener una ó varias partes de la construcción, cuando éstas á su vez deban servir de apoyo ó sostén, como sucede, por ejemplo, cuando en una casa, de dos ó más habitaciones deba hacerse una sola, y por lo tanto debe quitarse algún muro, ó cuando deban modificarse las jambas de las aberturas, etc.

La diferencia que existe entre apear y apuntalar es que apuntalar es la operación de poner puntales ó piezas en posición inclinada para sostener, y apear es la verdadera operación de sostener, es decir que aquélla forma una parte de ésta.

En general es preciso apear siempre las construcciones, pues que de no hacerlo podrían resultar graves inconvenientes, formando á veces el apeo parte integrante de la construcción, por cuya causa se le debe estudiar bien, atendiendo primeramente á que la construcción no sufra detrimento alguno, y en segundo lugar, que los operarios puedan trabajar con desahogo sin estar expuestos á desgracias.

NOMENCLATURA DE LAS PIEZAS QUE COMPONEN UN APEO. El *botarel* es un cuerpo de fábrica levantado á alguna distancia de la bóveda ó parte que se trata de apear, cuyo empuje contrarresta por medio de un arco que va del botarel á la bóveda, no debiéndosele confundir con el contrafuerte.

El *contrafuerte* es una pieza que se coloca para fortalecer un muro.

El *estribo* es una pieza adosada al muro ó bóveda que contrarresta su empuje y le fortalece.

El *machon* es un tirante que sostiene le techo, el cual se ingiere en las paredes para mayor solidez.

El *pilar* es una especie de machon aislado, de seccion circular ó cuadrada; para aguantar solamente peso.

El *pie-derecho* es una madera puesta en posicion vertical, para cargar sobre ella algo que haga el oficio de machon.

El *virotillo* es un pie-derecho pequeño que sustenta piezas horizontales, distinguiéndose del pie-derecho por sus dimensiones y en que no lleva zapata.

El *tornapunta* es un madero inclinado para retener otras piezas de madera.

El *puntal* (*codal*) es un madero horizontal puesto en zanjas ó baño para sostener paredes ó puentes laterales.

La *asnilla* (*caball)* es una pieza de madera sostenida por pie-derechos, para descansar sobre ella paredes. Generalmente á esta pieza se le da la posicion horizontal.

Las circunstancias de establecer un apeo varian en cada caso, de modo que antes de proyectarle debe atenderse á:

1.° Estudiar mucho la construccion que se trate de hacer para conocer en qué puntos será más conveniente establecer el apeo.

2.° Hacerse cargo de la clase de materiales que se emplean en la fábrica y su resistencia para hacer el apeo más ó menos sólido.

3.° Examinar la intensidad y direccion en que obran las fuerzas de las varias partes de la construccion, para contrarrestarlas debidamente con el apeo.

4.° Examinar los puntos de apoyo en donde pueda aguantarse el apeo, para que cada pieza de él tenga la direccion debida.

5.° Las diferentes partes de un apeo deben ejercer la accion que les es propia para contrarrestar las de la fábrica, es decir, que sus fuerzas no deben ser activas sino pasivas.

6.° Debe procurarse mucha sencillez en los apeos y no emplear piezas costosas; pero dentro de esta misma sencillez, la combinacion de las piezas debe ser perfecta para que no haya ninguna de ellas inútil.

7.° Sus partes constitutivas deben estar dispuestas de modo que no estorben, cuando se trate de construir las fábricas; así es que el facultativo debe estudiar lo que derriba y lo que debe construir para instalar el apeo debidamente.

Apuntalamiento de un muro que amenaza derrumbarse. Cuando un muro ha hecho movimiento, lo primero que debe hacerse es examinarle debidamente ya con respecto al material que lo constituye, ya viendo su espesor, su desviacion, etc.; y como en este caso se necesitan puntales, éstos deben ser de madera resistente y de longitud necesaria para que se apliquen al punto que lo necesite, y de escuadria suficiente para resistir su empuje.

Antes de empezar la operacion de *apuntalar*, debe saberse cuántos puntales son necesarios, tenerles dispuestos y llevarles á pié de obra á punto de colocar, debiendo ser esta última operacion muy breve y uniforme para que sus movimientos sean iguales.

Cuando se tienen los puntales en el suelo, antes de suspenderlos, se preparan los puntos del muro donde han de apoyarse ó ejercer accion, utilizando para ello las partes salientes, si las hay, para que no resbalen, y si no las tiene, se hacen en estos puntos, con la mayor precaucion, pequeñas entradas en el muro, en las cuales se introducen ó apoyan las cabezas de los puntales.

Al colocarlos, debe procurarse no dar golpes contra el muro, porque podrian éstos bastar quizás para derribarlo; así pues, debe hacerse con toda suavidad, llevándolos con cuidado hasta colocarlos en su punto.

Estos puntales, por su posicion, deben resistir convenientemente, no descansando directamente sobre el terreno, por ser éste compresible siempre, y se comprende que

ejerciendo presion el muro sobre el puntal, lo iria introduciendo en el terreno, no consiguiéndose el objeto deseado; de modo que el pié de cada puntal debe colocarse sobre un durmiente ó madero puesto sobre el terreno, de mayor ó menor longitud segun la dureza del terreno.

En el caso de ser el terreno muy malo, es forzoso abrir zanjas hasta encontrarlo bueno y allí se establece el durmiente.

A veces, para mayor solidez, se establecen puntales á ambas caras del muro, procediéndose del mismo modo que para una cara.

Si se teme que el muro pueda hacer movimientos horizontales, se afianzan los puntales con dos tornapuntas consolidados con un perno, descansando el todo sobre un durmiente, como en A (figs. 1484 y 1485).

Si los puntales han de ejercer acciones enérgicas, es preciso, despues de colocado el puntal, hacerlo correr por su pié cuanto pueda hácia el muro, pero no con violencia, sino por medio de una palanca, poniendo luego una cuña de madera dura que tenga la inclinacion del puntal con el durmiente, cuya cuña se afianza con clavos gruesos para evitar su resbalamiento, cuidando al propio tiempo que la parte superior quede bien trabada.

Estos puntales no deben ponerse en posicion muy inclinada, porque entonces en vez de sostener, ejercerian una accion tal que perjudicaria al muro. Esta inclinacion no debe ser menor de 68 grados, tanto por lo que se acaba de decir como para evitar la flexion de los puntales.

Muchas veces no basta poner un solo puntal, sino que deben ponerse dos en una misma vertical del muro, en cuyo caso no se les debe poner paralelos, sino convergentes ya en sentido del muro ó ya del terreno.

Cuando un muro presenta una desviacion curva muy pronunciada, necesita dos ó más puntales en varios puntos de esta curva, y para que no sean muy tendidos se hacen converger á un punto del durmiente; pero cuando el muro presenta una desviacion brusca, como lo que conviene es apoyar sólo este punto, se les hace converger hácia él.

Este caso es muy comun en muchas casas antiguas de Barcelona, debido á la construccion de las cloacas, en donde las aguas han ido socavando el terreno, cediendo poco á poco los muros; pero al encontrar el primer piso, las vigas hacen de tirantes y sustentan el resto.

APEO DE ASNILLA *(caball)*. Con mucha frecuencia se tiene necesidad de apoyar un tabique ó muro con el objeto de practicar en él grandes aberturas E (figs. 1484 y 1485) en la parte baja, ó bien para mudar el trozo bajo de la pared por encontrarse en mal estado, siendo buena la parte alta, ó ya para dejar completamente despejada la parte baja, es decir, que de varias habitaciones contiguas se haga una sola, todo lo cual requiere un apeo momentáneo, empleándose entonces el apeo de asnilla, que toma el nombre de la pieza llamada así, colocada perpendicularmente al muro, atravesándole y sostenida por pie-derechos.

Supóngase que se tenga que quitar el trozo inferior E para abrir una gran entrada. Ante todo se harán taladros á distancias convenientes, que no afectarán para nada á la solidez de la pared; se pasan luego por ellos las piezas llamadas asnillas, de longitud suficiente para que sus extremidades estén bastante separadas de la pared; luego se colocan los pie-derechos fuertemente apoyados contra durmientes que descansan en terreno firme, haciendo de modo que aquéllos trabajen bien, para lo cual se les ponen cuñas.

Como no es posible que la asnilla coja exactamente todo el ancho del taladro, se macizan los huecos que quedan con yeso, ladrillos, cuñas, etc.

Con la seguridad de que todo está corriente, se empieza luego á derribar todo el

trozo de pared que convenga, procediendo á hacer la operacion que se pretenda.

Si se ha de hacer la cimentacion nueva, la asnilla debe ser más larga y los durmientes se ponen entonces en sentido transversal, que cojan los pié-derechos de una misma asnilla.

Como las fábricas hacen siempre asiento, seria conveniente hacer el muro nuevo con cimento romano para que, endureciendo pronto, pueda evitarle.

Si se trata de poner columnas y cárdenas, se suben éstas hasta tocar el muro, cuyas cárdenas se sostienen momentáneamente por pie-derechos y se colocan las columnas procurando no queden huecos.

El nuevo muro que se levante se hace de modo que quede bien junto y trabado por su parte alta, ya con rasillas más delgadas ó con trozos de ladrillos convenientemente colocados, para que no quede ningun punto en falso.

Las asnillas deben ser de madera muy resistente, lo mismo que los pie-derechos, á causa de la gran carga que han de sufrir.

Los pie-derechos pueden disponerse dobles, esto es, dos en cada estremo de asnilla, que en casos especiales pueden trabarse ya con travesaños ó por medio de durmientes; pero en la generalidad de los casos bastan los pie-derechos verticales sencillos.

Acodalamiento de aberturas. En los casos de apuntalamiento de un muro sucede á veces que hay aberturas en un muro próximo á las cuales se puede perjudicar, evitándose por medio de su acodalamiento, que consiste en tapar la mitad de dichas aberturas con ladrillos puestos de plano, que, formando entonces un solo cuerpo con la pared, lo macizan todo.

En el caso de tener que acodalar una abertura y no se quieran emplear ladrillos, se pondrán virotillos de madera junto á las zancas, y luego codales que trabajen bien, poniendo cuñas en sus uniones con los virotillos, y así los machones no pueden moverse.

Los virotillos deben ser siempre un poco más largos que el ancho del hueco que deban ocupar, para que pueda ejercerse bien la presion.

La fig. 1434 representa el acodalamiento de varias ventanas, que, por su claridad, no necesitan esplicacion.

La accion de los virotillos debe ejercerse siempre entre dos piezas de madera que les sirvan de apoyo y faciliten el resbalamiento que se les imprime para que ejerzan presion.

Los virotillos deben tener sus extremidades en bisel para facilitar su colocacion.

Apeo de techos (figuras. 1486 y 1487). El apeo de techos procede:

1.° Cuando las vigas no tienen fuerza suficiente para resistir ciertas cargas momentáneas, como sucede, por ejemplo, en un salon donde debe reunirse un gran número de personas que, además de su propio peso, cargan aun más atendido el objeto que las reune, como sucede cuando se baila.

2.° Cuando el estado del techo hace temer movimientos, aun en el caso de cargas normales, ya por ser las maderas podridas, ó por otras causas qne pueden ocurrir.

3.° Cuando por efecto de ciertos movimientos ha de desaparecer una pared para volverla á construir, sin que deba derribarse el techo.

Apeo de techos para sostener cargas considerables. En este caso se principiará por considerar el apeo momentáneo, esto es, no por defecto de las vigas, sino para que no sufran por el esceso de carga que han de recibir.

Supóngase que se trate del primer techo de una casa, esto es, del que cubre las tiendas; lo primero que se hace es reconocer las vigas viendo si tienen las entregas en buen estado; entonces se colocará á igual distancia de los tramos de las vigas, una pieza muy vigorosa sostenida por una série de pie-derechos descansando sobre un dur-

miente general á todos ellos, haciendo de modo que todas las vigas del techo toquen á la carrera, con lo cual se consigue disminuir en la mitad la longitud de aquéllas, y, por consiguiente, conservando la misma escuadria resistirán enormemente más que antes.

Si el techo que ha de fortalecerse fuere el segundo, se hará lo mismo; pero como entonces el primero seria el que recibiria toda la carga, debe apearse igualmente; lo mismo aconteceria si fuesen los techos superiores á éstos los que debiesen apuntalarse; es decir que, siempre que se apee un techo, deben apearse tantos cuantos tenga debajo, haciendo de modo que todos los pié-derechos relativos vengan en una misma vertical.

Apeo de techos que hagan temer movimientos. Si las vigas no inspiran confianza, se pondrán, además de la carrera y pié-derechos, otras carreras y pié-derechos en el centro del techo junto á los muros, con lo cual se consigue reforzarle convenientemente.

Apeo de techos por derribo de una fachada. Si esta fachada debe reconstruirse, se principiará desde el suelo y á poca distancia de la fachada, colocando dos carreras, la superior y la inferior, y una série de pié-derechos entre ellas, que formarán un verdadero muro en sustitucion del que se ha de derribar. Lo mismo se hará con los demás pisos, cuidando que todos los pié-derechos estén en una misma vertical, reforzándolos con cuñas.

En el caso de que los techos no fuesen de vigas que van de muro á muro, esto es, que estuviesen formados por cárdenas y viguetas, deben examinarse ante todo las primeras, por ser las piezas resistentes del techo y particularmente sus entregas que, en caso de no estar en buen estado, deben reforzarse con pie-derechos ó columnas de madera; y si esto no es posible, se colocará una sopanda y jabalcones.

Podria tambien ocurrir el caso de no bastar un solo pie-derecho, y que, por conveniencias particulares, no fuese posible poner dos, en cuyo caso se pone uno solo reforzándolo con tornapuntas.

Si las cárdenas tuviesen las entregas podridas, se pondrán además pie-derechos contiguos á los muros.

Si el techo que debiese apearse fuese á lo Serlio, lo primero que se hará será robustecer las vigas principales por medio de carreras y pie-derechos, colocándolos en los puntos dudosos; y si aun así se considerase poco seguro, se añadirán otros en los puntos intermedios.

Síntesis general del apeo de techos. 1.° Ver el sentido en que están colocadas las verdaderas vigas, que son las que van en sentido de lo ancho, porque las que van en sentido de lo largo son falsas vigas.

2.° Que las carreras que sirven de apoyo toquen perfecta en todos sus puntos directamente á las vigas; y como éstas á veces llevan molduras para efectos decorativos, deben quitarse para que no den puntos falsos.

3.° Que los pie-derechos descansen siempre sobre carreras, que así ofrecen mayor número de puntos resistentes y la presion queda más dividida, no olvidando el poner las carreras en dos sentidos.

4.° Procurar que los pie-derechos de varios pisos se correspondan en una misma vertical ya en sentido de frente ya en sentido lateral.

5.° Que los pie-derechos no sean cortos para que no tengan que añadirse piezas complementarias, que ofrecerian puntos de apoyo defectuosos.

Para pie-derechos se emplean maderas de una sola pieza ó tablones bien combinados y retenidos por pernos.

6.° Que todos los pie-derechos ejerzan igual presion y no unos más que otros, para lo cual se ponen carreras de una sola pieza que los cojan á todos.

Apeo de bóvedas ó arcos. Toda bóveda ó arco que se desee sostener, arreglar ó demoler debe indispensablemente apearse, para lo cual es preciso conocer su construccion y ver por qué puntos será conveniente hacerlo y si tiene puntos salientes para ello.

Estos apeos no son siempre de madera, sino que los hay de obra de fábrica.

Para su apeo debe estudiarse su forma, su planta, su montea, el material de que está formada, si tiene puntos de apoyo convenientes, etc. Debe estudiarse la cimbra y colocada que sea, como es muy difícil sea exactamente igual á la forma de la bóveda, habrá puntos falsos que deben corregirse por medio de cuñas.

A veces, su forma no hace necesario apearla toda ella, sino que se apea á trozos, como sucede en un cañon seguido recto.

En edificios particulares deben apearse á veces bóvedas ó arcos de amplitud poco considerable, y entonces se procede poniendo una carrera con dos pie-derechos extremos y uno en el centro, descansando todos en una solera y macizando el espacio entre la carrera y el arco.

Si el arco fuese peraltado, se ponen los tres pie-derechos dichos y dos piezas inclinadas que arranquen de los dos extremos del arco y concurran al centro.

Madera propia para apeos y apuntalamientos. Para piederechos, puntales, virotillos, tornapuntas, etc., y en general todas las piezas que trabajen por tension ó compresion, debiendo ser rectas, de longitud necesaria y de poca flexibilidad, sirve perfectamente el abeto.

Para las piezas que trabajan por flexion, como las asnillas, cuñas, etc., la madera debe tener el tejido fuerte, para no dejarse aplastar por compresion que sufra, siendo la encina y demás maderas duras buenas para ello.

Las operaciones del apeo son importantes siempre é indican la de la obra, de modo que no deben confiarse á un cualquiera, para que no haya ninguna pieza inútil, y sí sólo las más precisas y debidamente calculadas en colocacion y escuadria.

Apeo para trabajos de desmonte. Siempre que los desmontes deban ser muy profundos y no se les pueda dar el talud natural, bien sea por cuestion de economia ó por falta de espacio, se hace el desmonte por paramentos verticales y se les apea.

Si se trata de una zanja estrecha, se ponen virotillos transversales que apoyan en puntales verticales adosados á las caras del desmonte. A medida que éste es más profundo se van añadiendo nuevos puntales y nuevos virotillos que se alternan con los anteriores.

Si el terreno es de mala calidad se multiplican los puntales y los virotillos, procurando que su colocacion no dificulte á los braceros.

Si el desmonte es muy grande se apean los paramentos del mismo modo que se practica con los muros, sólo que en este caso se da á los puntales una inclinacion de 45°, y su parte superior apoya en piezas de madera adosadas á las caras del terraplen.

CAPÍTULO XLII

ANDAMIOS

El andamio es una construccion provisional de madera que tiene por objeto:

1.° Elevar á los operarios á la altura de los trabajos que deban ejecutar.

2.° Sostener los materiales para la obra.

3.° Recibir los aparejos.

4.° Prestar algun punto de apoyo á las construcciones.

Los andamios pueden ser adherentes á la construccion ó independientes de ella.

En el primer caso se utilizan las partes salientes de las fábricas para apoyarlos en ellas; en el segundo caso se sostienen por medios independientes.

Condiciones que debe reunir todo andamio. 1.ª Solidez necesaria para resistir el esfuerzo que ha de recibir, debiéndose calcular para ello su propio peso, él de los operarios que han de ir sobre él, los materiales para la construccion, etc.

2.ª Que puedan hacerse provisionalmente y que sean fáciles de montar y desmontar.

3.ª Que puedan moverse con facilidad.

4.ª Que sean económicos, siempre bajo el punto de vista de la solidez.

En la época romana y en la Edad Media los hacian sostener por las mismas fábricas, y á medida que adelantaban los trabajos los iban instalando, es decir, que formaban parte de la misma fábrica, pero de modo que se pudiesen quitar á voluntad, utilizando para ello todas las partes posibles de la construccion.

En muchas construcciones de aquellas épocas se ven varios agujeros en las fachadas colocados á varias alturas, que prueban las posiciones de los andamios que se colocaron en ellas, no tomándose luego el trabajo de trasportarlos por no ocuparse en repasar la obra una vez concluida.

Como sus construcciones duraban á veces muchos años, no es posible suponer que hicieran andamios para toda la obra porque no hubieran durado tanto como ella, y los debian montar sin duda por trozos cambiando las piezas que se hubiesen podrido.

A medida que se ha ido modificando el modo de construir, se ha ido modificando igualmente el modo de ser de los andamios, los cuales dependen de la clase de construccion de la fábrica; así pues, en construcciones de madera, por ejemplo, los andamiajes

deben ser forzosamente más complicados que en obras de silleria ó ladrillo ó mamposteria, por ofrecer estas últimas mucha mayor resistencia que las primeras, para sostenerles, y por la misma sencillez de su construccion no complican el sistema.

ANDAMIOS DE ALBAÑIL

Para la formacion de estos andamios no es necesario formar antes proyecto alguno, por su estremada sencillez, empleándoseles para pocas alturas y utilizando para ello los tablones, escaleras, etc.

Cuando se trata de obrar en el interior de una habitacion, se disponen dos escaleras de mano, apoyadas cada una en un muro opuesto, cuyos travesaños reciben uno ó más tablones colocados á las alturas convenientes. Estas escaleras deben ser muy sólidas y los tablones de resistencia suficiente segun la carga que deben sufrir.

Si no se tienen escaleras disponibles, se sustituyen por dos tablones inclinados y otro horizontal, unido perfectamente á ellos por medio de una soga resistente.

Tambien se acostumbra emplear el aparato llamado *caballo*, que consta de una madera horizontal sostenida por cuatro tornapuntas. Se emplean dos caballos puestos á distancia y encima van los tablones.

Se usa tambien otro andamio más fijo que los anteriores; que consta de una série de pie-derechos introducidos en el terreno, y á cierta altura se colocan travesaños que un extremo se introduce en el muro y el otro cruza con los pie-derechos por una fuerte atadura hecha con soga, y encima de estos travesaños van los tablones.

A estos andamios se les llama *puente* ó *pasaje*.

A veces no conviene practicar agujeros (llamados *mechinales*) en las fábricas para que descansen en ellos los travesaños del andamio, y entonces, ó se ponen escaleras de mano arrimadas al muro que recibe el estremo del puente, ó bien se ponen tablones inclinados, bien sujeto todo por medio de sogas.

Tambien ocurre que se tenga de armar el andamio, de modo que salga del plan terreno á cierta altura, y entonces se establecen (figura 1488) debajo de las vigas piezas horizontales *c* que toquen á ellas, y salgan afuera á la distancia necesaria por medio de un agujero practicado en el muro.

En la parte interior se coloca un puntal, que no está representado en la figura, que descansa sobre una carrera y sostiene fuertemente á la viga *c*. En el extremo exterior se establece otra carrera *d* sobre la que apoya el pie-derecho *a* llamado *alba*, que sostiene un puente *b* que descansa por el otro extremo en el muro.

Una série de éstos forma un verdadero andamio, de modo que, uniendo todos los puentes por tablones, permiten el poder ir por ellos los operarios, procurando que dos pie-derechos salgan unos 0'80^{m} más que el puente, para poder unir sus extremos con una soga y formar una barandilla provisional, suficientemente sólida para evitar la caida de los operarios.

Para mayor resistencia del pie-derecho interior se pondrán cuñas á su union con la viga del andamio.

ANDAMIOS FIJOS

Cuando las construcciones necesitan soportar materiales muy pesados, es preciso emplear andamios más resistentes que los que se acaban de ver, los cuales son fijos y reciben el nombre de *castillejos*, formándose con pie-derechos, carreras, tornapun-

tas, etc., con el fin de obtener invariabilidad de forma, por lo cual puede decirse que constituyen verdaderos entramados verticales, con la sola diferencia que no tienen forjado por tenerse que utilizar el maderámen solamente.

La madera que comunmiente se emplea para esta clase de andamios es de poco valor, por emplearse lo proveniente de construcciones derruidas, con tal que no sea podrida y no tenga ensambladuras, que la debilitarian.

Estos andamios fijos se dividen en dos clases:

1.ª Andamios fijos sin ensambladuras;

2.ª Andamios fijos con ensambladuras.

En Barcelona se acostumbran á usar los primeros y raras veces se hace uso de los segundos.

ANDAMIOS FIJOS SIN ENSAMBLADURAS. Para la formacion de estos andamios se toman troncos de árbol bien derechos y largos, llamados *entenas*, que se hincan en el terreno en un agujero tan justo como se pueda, poniéndolos bien verticales y apisonando bien la tierra luego para que ofrezcan mucha solidez sin ninguna clase de apoyo.

La entrega en el terreno debe graduarse segun su longitud.

Hecho esto, se pone una viga ó tablon horizontal, sólidamente unido á dichas entenas, poniéndose en el centro de ella el poliparto que ha de subir el peso; mas como á veces la estabilidad no es suficiente por la misma posicion de las entenas, si son dos las que se emplean, se dispondrán en mayor número, colocándolas tanto en la parte exterior como en la interior, uniéndolas transversalmente y á una misma altura por medio de vigas, apoyando en éstas el tablado para los operarios.

Para los puntos de apoyo del poliparto se colocan vigas transversales que descansen sobre las longitudinales, en los puntos que sean más convenientes.

Hay casos en los cuales no es posible emplear las entenas, como sucede en los patios, en donde por falta de espacio no podrian levantarse, y entonces se echa mano de los tablones, principiando por hincar dos de ellos en el terreno, que sea el uno más largo que el otro y bien unidos entre sí, de modo que por el extremo superior afecten la forma de diente ó ensamble á media madera, en cuyo rebajo descansan y se consolidan otros dos tablones de la misma forma, lo cual viene á formar un verdadero empalme.

En Madrid se emplean generalmente tambien los andamios sin ensambladuras, y hacen lo mismo que se acaba de indicar, sólo que en vez de usar tablones usan vigas, estableciendo luego carreras trabadas á ellas que apoyan en egiones y encima va el tablado para los operarios.

Si los andamios son muy altos se añaden además tornapuntas que van de un pie-derecho á otro, sin ensamblar y cuyas puntas van cortadas segun la union en donde apoyan.

A las entenas se les ponen séries de egiones de arriba abajo que sirven para subir y bajar los operarios, sustituyendo de este modo á las escaleras, cuya distancia varia entre 0'50^{m} y 0'60^{m}.

Las cuerdas que forman los atados no deben ser podridas ni nudosas y sus ataduras bien hechas, colocándolas en los puntos convenientes.

Debe cuidarse mucho tambien que las maderas tengan siempre las escuadrias suficientes.

ANDAMIOS FIJOS CON ENSAMBLADURAS. Como ya se ha dicho, un andamio con ensambladuras viene á ser un verdadero muro de entramado, puesto que consta de todas las piezas de él; así pues, todo cuanto se ha dicho al tratar de los entramados se aplica á estos andamios, combinándose las piezas segun las necesidades.

Observaciones sobre los andamios fijos. 1.ª Es conveniente que las vigas, tablones ó carreras estén dispuestas, no en uno, sino en dos sentidos, es decir, en sentido longitudinal las unas y transversalmente las otras, para que con su mayor trabazon den más solidez.

2.ª El andamio debe tener buena base para su mayor estabilidad, es decir, que debe hincar bien en el terreno, no debiendo ser, sin embargo, su base de cimentacion considerable.

3.ª La entrega de los pie-derechos en el suelo debe ser suficiente para la sustentacion del todo, siendo preferible el pecar por esceso.

4.ª Las uniones que se hagan de unas piezas con otras ya sea empleando sogas, clavos, tornillos, pernos, abrazaderas, argollas, ensambladuras, etc., deben ser hechas con esmero para que la trabazon que se establezca sea buena.

Antes de pasar más adelante será conveniente dar algunos ejemplos de andamios fijos.

Andamio fijo de la iglesia de San Gervasio en Paris. La fig. 1489 es el alzado de la mitad de este andamio que sirvió para la restauracion de esta iglesia, y la fig. 1490 es un perfil del mismo, el cual va unido al muro por medio de hierros.

Este es el tipo de casi todos los que se construyen, y que es innecesario detallar por su sencillez.

Andamio de la flecha de la catedral de Chalons. Este andamio está representado por las figs. 1491 y 1492, de las cuales la primera le representa en proyeccion vertical, y la segunda es la cuarta parte de su planta.

Andamio del Panteon en Paris. Las figuras 1493 y 1494 son dos mitades de las secciones de la cúpula del Panteon de Paris y de los andamios que sirvieron para su restauracion, los cuales debian servir para los operarios, para los materiales de construccion, y al propio tiempo servir de cimbras de las bóvedas.

Los paramentos de las bóvedas son superficies de revolucion cuyo eje comun es el de la cúpula, habiéndoselas aparejado por medio de anillos, con lo cual los andamiajes debian sostener solamente las partes de los anillos, que se sostenian unos sobre otros.

La fig. 1493 es una seccion de la cúpula por un plano vertical que pasa por su eje vertical y por el horizontal de una de las naves.

La fig. 1494 es otra seccion por un plano vertical que pasa igualmente por el eje de la cúpula, y dirigido diagonalmente hácia el ángulo que forman los ejes de las dos naves.

La fig. 1495 es la planta ó la proyeccion del tablado del andamio mayor á la altura mn de la fig. 1494.

La fig. 1496 es el complemento de la figura 1495. El punto c, en ambas figuras, es la proyeccion del eje vertical de la cúpula. Las partes de obra de fábrica que tienen doble rayado son las que sobresalen del nivel del tablado; las que son de rayado sencillo indican las partes de obra de debajo del mismo. Z (fig. 1495) es uno de los muros laterales de una nave; el cuadrado $vuxy$ sobre el cual se establece la cabria z (figura 1494), corresponde verticalmente al espacio exterior que se encuentra en el ángulo formado por dos naves contiguas.

El tablado que se encuentra á la altura mn y que se halla al rededor de la cúpula, se encuentra á 40 metros del firme, siendo su superficie de 2864'325^{m}. Adviértase que en las figuras no está representado ningun tablado para no ocultar la disposicion de las piezas del entramado.

La fig. 1497 es el complemento de la figura 1494. La pieza truncada K y la horizontal ij son las partes de relacion de las dos figuras. Se ve, pues, que para el paso de los materiales por medio de la cabria z

ha debido repararse bastante el andamio con el fin de que queden bien libres los ángulos entrantes formados por las naves. El único punto de apoyo en la obra se encuentra en S, con lo cual, la parte correspondiente á la cabria debe sostenerse por el refuerzo colgante *r*.

Este tablado se combina con el del andamiaje á nivel del interior colocado al mismo nivel, y para que la union sea completa, se atraviesan los muros con algunas piezas horizontales por ciertos agujeros practicados al efecto, á falta de aberturas naturales.

La parte inferior del andamio está formada por cuatro cuchillos que se cruzan, dejando un hueco cuadrado, cuya cuarta parte está representada en *f g h* (fig. 1496), y sobre del cual se coloca la cabria *t* (figura 1493).

La fig. 1498 es un corte horizontal de la cúpula á la altura *p q* de los cuchillos que la sostienen.

ANDAMIOS MOVIBLES

Hay otra clase de andamios que pueden montarse y desmontarse con facilidad, como sucede cuando deben servir varias veces consecutivas, empleándose particularmente en las iglesias, para la formacion de bóvedas de mucha luz, en cuyo caso se forma un andamio que se va corriendo ó trasladando con facilidad, á medida que adelantan los trabajos.

Empleando este sistema, no es necesario poner andamios corridos, sino que se instala uno de dimensiones pequeñas, relativamente al trabajo que deba hacerse.

Estos andamios no arrancan del suelo, y como no sirven para grandes pesos, acostumbran á ser ligeros, estableciéndose los puntos de apoyo en las cornisas, lo cual ahorra el poner pie-derechos que arranquen del suelo.

Su disposicion depende de la amplitud que deban tener y de sus puntos de apoyo.

Las condiciones que deben reunir estos andamios movibles son:

1.ª, sencillez en la disposicion de las diversas piezas que lo constituyan;

2.ª, no emplear madera de mucha escuadria;

3.ª, que su disposicion general sea para adaptarse bien á la forma del edificio;

4.ª, que la union de sus piezas sea lo más sencilla posible para facilitar su montaje y desmontaje.

ANDAMIO MOVIBLE DE LA CÚPULA DE SAN PEDRO DE ROMA. El andamio movible más notable que se conoce es el de la cúpula de San Pedro de Roma, inventado para la restauracion interior de la misma en 1773 por Pedro Albertini.

La fig. 1499 es la mitad de una seccion vertical de la bóveda interior de la cúpula, en la cual está trazado el andamiaje de que se trata.

La fig. 1500 completa la parte superior de ésta seccion, y presenta la union ó apoyo del andamio junto con la linterna de la cúpula. El tablado *a b* es comun á las figuras 1500 y 1499.

La fig. 1501 es el complemento de la parte inferior de la fig. 1499; el tablado *e d*, que descansa en la cornisa interior de la cúpula, es comun á las figs. 1499 y 1501.

El diámetro interior de la cúpula es de 40'60^{m}; el radio del arco que forma el perfil es de 24'90^{m}; su centro se encuentra sobre el plano superior del atico.

La altura de la abertura circular que sirve de base á la linterna es de 24'12^{m} sobre el mismo plano.

El andamio de que se trata está compuesto de tres cuchillos colocados en direccion de los meridianos de la cúpula, y unidos por anillos ó bucles de hierro agarrados á unas grapas igualmente de hierro entregadas con

mezcla en las paredes de la cúpula. Las piezas horizontales de estos cuchillos reciben las viguetas de los tablados, repartidas en la altura de la bóveda, de modo que los operarios puedan colocarse cómodamente para practicar los trabajos.

Para hacer adelantar el andamio móvil segun las necesidades, basta desmontar uno de los cuchillos extremos, montándole en el otro extremo, con el auxilio de los demás cuchillos que han permanecido fijos, procediendo del mismo modo con éstos á medida que sea necesario.

Zabaglia da otra disposicion de andamio movible para la restauracion de una cúpula, representado en parte por el perfil (figura 1502), cuyo sistema es más sencillo que el de Albertini, tanto como á combinacion de las varias piezas que lo forman, como por la facilidad de transporte que ofrece.

Cada piso ó tablado está compuesto de tres sillas volantes, que se van cambiando de sitio aisladamente, sirviéndose de las restantes para las maniobras.

ANDAMIOS MOVIBLES PARA BÓVEDAS DE POCA LUZ. De las varias combinaciones que puedan hacerse para esta clase de andamios, una de las más ingeniosas es la representada en la fig. 1503, compuesta de varios tablados que descansan en soleras sostenidas solamente por péndolas colgadas en la bóveda ó entregadas con mezcla en ella. Este andamio comprende tres sistemas semejantes, que se van cambiando de sitio ó se les hace avanzar en direccion del eje de la bóveda.

ANDAMIO MÓVIL PARA TINGLADO. La figura 1504 es una seccion, segun la línea *tv* de la fig. 1505, del andamio de madera de pino utilizado para la colocacion de los diez y ocho cuchillos de tablones curvos de la cubierta del tinglado de Marac, cerca de Bayona.

La fig. 1505 es una seccion del mismo por un plano vertical perpendicular al plano de proyeccion de la fig. 1504.

El andamio está formado por dos planos entramados verticales, paralelos é iguales, ligados por medio de cruces de san Andrés colocadas entre los montantes *b* y por correas *g*. La estabilidad de cada entramado se obtiene por una cruz de san Andrés grande, por tornapuntas *n* y otras piezas auxiliares.

Este andamio está colocado al nivel de las soleras de arranque de los arcos, y descansa sobre cuatro caballos *x* que se van cambiando de posicion á medida que se va desmontando el andamio para volverlo á montar en otro sitio.

Las soleras horizontales *t* del andamio sirven para recibir los tablados *i*.

ANDAMIOS SUSPENDIDOS Ó COLGANTES

Estos andamios se usan muy frecuentemente para enlucir ó pintar las fachadas de los edificios, para lo cual se requiere puedan colocarse con facilidad, y en ellos van suspendidos los operarios.

Se les emplea tambien para operaciones de poca importancia pero entonces su forma es distinta.

VENTAJAS DE LOS ANDAMIOS SUSPENDIDOS. 1.ª poderlos subir y bajar al punto que se desee;

2.ª No impedir el tránsito, ni por las obras ni por la calle;

3.ª Facilitar los trabajos á los operarios.

4.ª La grande economia que ofrecen.

En Barcelona se emplea un andamio muy sencillo llamado *pont volant*, que consiste en una série de vigas ó tablones unidos entre sí, que apoyan en la cima de la fachada, colocados en posicion inclinada, y de modo que contrabalanceen el peso que han de sopor-

tar, sujetándolos con las vigas del terrado ó poniendo pesos encima de ellos.

A estas vigas se las llama *colls* y se colocan de modo que sobresalgan del muro la cantidad suficiente, que acostumbra ser de 0'80^{m} á 1 metro, poniéndose en sus estremidades una cuerda fuertemente arrollada de la que se suspenden polipastos que comunican con otros colocados en el tablonado.

A la altura de la calle se disponen los tablones que se necesitan, y como la longitud de éstos no alcanza casi nunca la de la fachada, se disponen otros en sentido longitudinal tambien que se solapan con los primeros y se sujetan fuertemente, colocando debajo de cada solapa un travesaño que salga de 0'20^{m} á 0'25^{m} por parte, y con una cuerda delgada de esparto (*frisa*) se une el todo solidamente; mas como por más que se tire esta cuerda queda siempre algo floja, se la coge con el garfio del polipasto inferior. Para subir y bajar todo el armazon, no hay más que ir tirando de las cuerdas de los polipástos, y una vez llegado á la altura que se desee, se unen los sobrantes de cuerda con la porcion saliente de los travesaños en los cuales se anuda.

Para evitar el movimiento de báscula del andamio, se colocan cuerdas sujetas en las vigas de sostenimiento y en los extremos interiores de los travesaños del tablonado, independientemente de los polipastos.

Para evitar el movimiento de péndulo, se sujeta el andamio por medio de cuerdas en los puestos fijos de la fachada.

La prudencia aconseja poner barandillas á toda clase de andamios, lo cual se hace sujetando ó clavando cuerdas ó maderas al borde exterior del tablonado.

ANDAMIOS SUSPENDIDOS PARA ARCOS Ó PUENTES. La fig. 1506 es el perfil de un andamio suspendido en el cual las tablas en donde está colocado el operario están fijas por sus extremos en dos largueros ensamblados á cepo en los montantes *b* cuya parte superior se halla cogida entre las gemelas *d*, *e* por entre las cuales pueden resbalar. En el punto *e* está fija una cuerda anudada que pasa por dos poleas *m*, *n*, y va á arrollarse á la cabria *f* que, con su movimiento de rotacion, hace subir ó bajar el montante *b* segun convenga. El andamio consta de dos sistemas semejantes unidos por medio de travesaños horizontales, y mantenidos en posicion vertical por los tornapuntas *g*.

La fig. 1507 es una proyeccion perpendicular á la anterior, viéndose á su derecha el andamio por su parte exterior á la obra, y á su izquierda por una seccion longitudinal de la misma y por el lado opuesto.

Haciendo mover simultáneamente los dos montantes *b*, se mantiene la viga del andamio *a* en posicion horizontal, fijándola á la altura conveniente por medio de dos chavetas de hierro que atraviesan los montantes y descansan en las gemelas *c*, *d*.

ANDAMIO PARA LA CORNISA DE UN EDIFICIO. El andamio representado por la figura 1508 se compone de dos ensambles semejantes que sostienen el tablado *a b*, pudiéndosele transportar ó correr á lo largo del cornisamento, en el cual está fijo por medio de los tornillos *d*.

En la fig. 1509 está representado el andamio llamado de *platillo*, que es el más sencillo de esta clase que se construye, constando de un tablero sólido construido con cuatro tablones y reforzado por dos travesaños, suspendiéndosele con cuatro cuerdas que salen de sus estremos y que concurren á un punto con una atadura cogida por un polipasto que le sube y baja á voluntad.

Este andamio, por su misma sencillez, es muy peligroso por la falta de barandilla, de modo que para corregir este defecto se forma el mismo tablero, colocando cuatro montantes sujetos por travesaños en la parte superior, los cuales forman la barandilla.

Esta clase de andamios sirven tambien

para ciertos patios pequeños donde no puedan establecerse los esplicados antes.

ANDAMIOS PARA TALLERES Y TEATROS. El andamio representado por la fig. 1510 se instala generalmente suspendiéndole de los cuchillos de las cubiertas ó de travesaños que apoyan en ellos.

PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE CON LOS ANDAMIOS SUSPENDIDOS. 1.ª Que todas las cuerdas estén en buen estado, esto es, que no haya ninguna podrida, ni cortada (*segada*), ni dudosa, pues que toda la estabilidad del andamio depende particularmente de ellas.

2.ª Que las garruchas sean ligeras en sus movimientos.

3.ª Que las maderas que suspenden los andamios (*colls*) sean buenas y de la escuadria que sea necesaria.

4.ª Que todas las ataduras estén bien hechas y en los puntos convenientes.

5.ª Que cuando se suba ó baje el andamio se haga bien á nivel, para que los tablones no se corran ó caigan.

ANDAMIOS CORREDEROS Ó TRANSPORTABLES

Estos andamios sustituyen á los movibles y se les emplea cuando se quiera evitar pérdida de tiempo y se desee economia en el corte.

El mayor andamio de esta clase que se ha hecho, es el que se construyó en 1773 para la restauracion de la bóveda de San Pedro de Roma, siendo su construccion semejante á la que trazó Albertini.

Este andamio está representado en alzada en la fig. 1511 y proyectado verticalmente en la fig. 1512, cortado por un plano que pasa por el eje de la nave, segun la línea $x\,y$.

Está compuesto este andamio de dos grandes cuchillos, unidos por travesaños horizontales; por medio de vigas horizontales tambien se sostienen las viguetas de los tablados colocados á alturas convenientes.

Este andamio, móvil en sentido de la longitud de la nave, está sostenido en cada extremo por un andamio movible, unidos á los muros por piés de hierro entregados en ellos, y sus voladizos sostenidos por tornapuntas que descansan en los arquitraves de la cornisa general.

Si bien este andamio se clasifica en el número de los correderos, con todo, no resbala por medio de poleas sino sobre unos patines redondos que dan el mismo resultado, cuyo movimiento se ejecuta con aparejos, como representa la fig. 1512.

La fig. 1513 representa el acto de subir este andamio á su sitio respectivo.

Las figs. 1514 y 1515 son las proyecciones de un andamio corredero para obras de poca luz, así como tambien las figs 1516 y 1517, que representan otro andamio de la misma clase.

ANDAMIO PARA LA CONSTRUCCION DE UNA CUBIERTA SEGUN EL SISTEMA DE FILIBERTO DELORME. La fig. 1518 representa el perfil de la cubierta y el del andamio que sirve para la construccion de aquélla.

El andamio se compone de tres cuchillos formados por tablas, espaciados de unos 2 metros unos de otros, unidos por travesaños y una gran cruz de san Andrés colocada en direccion de la cumbrera, cuyas puntas se ven en el pendolon.

Este andamio descansa en cuatro galetes ó poleas de cobre que resbalan sobre unas ranuras practicadas en las caras superiores de dos soleras colocadas á lo largo de los muros, apoyadas en unas cartelas de hierro entregadas en los mismos.

Las figs. 1519 y 1520 son dos proyecciones de dos galetes ó ruedas.

Las figs. 1521 y 1522 son otros dos tipos de andamios correderos.

Las figs. 1523 y 1524 representan las proyecciones del andamio que se empleó para el decorado interior de la catedral de Milan.

Las figs. 1525 y 1526 son la elevacion y el perfil de un andamio suspendido y corredero para taller de pintura.

Los dos montantes *a* están supendidos en los ejes de dos poleas gemelas, cuyo galete resbala en la entalladura de una de las soleras, igualmente gemela, *b b*, paralelas al muro, y fijas al tirante *c* del cuchillo de la cubierta por medio de estribos de hierro.

Estos montantes reciben los ensambles á caja y espiga de los travesaños *d* en los cuales están clavadas las tablas.

Para que estos montantes permanezcan verticales, á pesar del peso que deben soportar, llevan en su parte inferior dos ruedas á ángulo recto, que giran sobre las caras de dos piezas de madera fijas en unos pie-derechos que las mantienen paralelas al muro.

Las figs. 1527 y 1528 son las proyecciones de las ruedecitas gemelas de union con los montantes y de las soleras gemelas sobre que resbalan.

ANDAMIOS GIRATORIOS

ANDAMIO GIRATORIO DE LA CÚPULA DEL PANTEON DE ROMA. La forma circular de los edificios permite simplificar la de los andamios móviles, haciéndoles girar al rededor del eje vertical de la superficie de revolucion que forma los paramentos interiores de las cúpulas.

El andamio más elegante y más ingenioso que se ha construido es el que se empleó en 1756 para la restauracion interior de la cúpula del Panteon de Roma, cuya planta y alzada están representadas por las figuras 1529 y 1530.

La fig. 1531 es una seccion de la cúpula segun la línea P R de la fig. 1529, ó *p r* de las figs. 1532 y 1533.

El andamio está proyectado en elevacion en el mismo plano de esta seccion, y las figuras 1535 y 1533 representan otra proyeccion vertical del mismo; su proyeccion horizontal está trazada en las figs. 1532 y 1533.

Está compuesto de dos cuchillos, formados, cada uno de ellos, por dos arcos A, P, ligados por gemelas. Para impedir la flexion se colocaron unos tornapuntas de hierro fijos por pernos, que formaban verdaderas cruces de san Andrés. La distancia entre cuchillos estaba solidamente fijada por travesaños E, F, ensamblados exterior é interiormente á los mismos; los travesaños exteriores E estaban distribuidos segun las alturas en donde debian colocarse los tablados, para poder sostenerlos, pero de modo que no presentaran ningun obstáculo á los trabajos.

Para impedir el movimiento de péndulo de los cuchillos, las cruces de hierro G eran dobles (fig. 1535), sirviendo al mismo tiempo de barandilla para los operarios.

Estos dos cuchillos estaban unidos por la parte superior, en R, por medio de pernos muy resistentes, que atravesaban un macizo de dos piezas de madera, con un agujero por el cual pasaba un eje vertical.

La parte inferior de los cuchillos estaba ligada por medio de un virotillo, y cada uno de ellos llevaba una polea L cuya superficie formaba parte de un cono con vértice en el punto O, centro de la cúpula, colocado en el plano superior de la cornisa recorrida por las poleas.

La fig. 1536 es una seccion del andamio segun la línea *x y* de la fig. 1531, y perpendicular á esta proyeccion.

El eje vertical de madera *h*, al rededor del cual gira el andamio, está sostenido por un entramado especial de una construccion

muy sólida, colocado en la linterna de la cúpula.

La fig. 1537 es una proyeccion horizontal de este entramado sobre el plano superior de la linterna.

La fig. 1539 representa la proyeccion horizontal de la punta cuadrada del eje *h*, vista por debajo, y de las cuatro piezas *r* que sostienen la rodela *p*.

Al nivel de la cornisa interior de la cúpula hay un tablado para poder subir los materiales necesarios, el cual descansa sobre dos viguetas *d* apoyadas por un extremo en la cornisa y sostenido el otro por los barrotes *n*.

ANDAMIO GIRATORIO CON TABLADO MOVIBLE. La fig. 1540 es la seccion de una cúpula de mediana luz en la cual está proyectado el perfil de un andamio giratorio.

La fig. 1541 es la proyeccion horizontal de un marco, colocado horizontalmente, compuesto de dos vigas *a*, de un travesaño *m* y de una pieza arqueada *u* que lleva dos galetes que apoyan en la cornisa; este marco sirve de base al andamio. El montante vertical *c* descansa en un pie-derecho de madera ó de obra de fábrica *d* colocado en el centro de la rotonda. Este montante está aprisionado por las gemelas horizontales *f* y *h* y pasa muy poco del nivel superior del piso; los dos montantes verticales *p* están retenidos igualmente por estas dos gemelas, dirigiéndose hácia el vértice de la cúpula, estando unidos por una pieza *q* y una cruz de san Andrés, y sosteniendo dos arcos iguales y paralelos proyectados verticalmente en *x z* ensamblados en las soleras.

La gemela *h* se prolonga en direccion del diámetro de la rotonda como la solera *a*, llevando en cada extremidad un galete que resbala sobre la cornisa para impedir que el andamio pueda inclinarse.

El tablado *i k* está sostenido en cada una de sus extremidades, por un triángulo *o i k*, que descansa en la extremidad de una biela *v* que se mueve por me dio de la visagra fija en la gemela *f*; cada triángulo apoya, en *k*, sobre uno de los arcos *x z*, llevando en este punto un galete que resbala dentro de una ranura practicada en el centro de este arco.

La posicion de este tablado depende de la mayor ó menor inclinacion que se dé á las bielas, empleando para ello el sistema de cuerdas y poleas representado en la figura.

Una vez colocada la meseta en la posicion que convenga, se hacen descansar las bielas en unas chavetas de hierro colocadas en unos agujeros practicados en los arcos, pudiéndose entonces hacer girar horizontalmente el andamiaje para que recorra la parte de bóveda que esté á su alcance.

La fig. 1542 representa la planta de este andamio.

ANDAMIO GIRATORIO MOVIBLE ROMBOIDAL. Este andamio consta de un mástil *a*, de una sola pieza si es posible (fig. 1543), que arranca del firme, ó de un soporte provisional bien sólido, colocado en el centro de la rotonda, el cual gira sobre un pivote colocado en su extremidad inferior. La parte superior se consolida por los medios que la extructura de la linterna permita.

A la altura de la cornisa se forma un tablado al rededor del mástil con el cual se combina el de la cúpula E por medio de marcos *f* paralelos.

La fig. 1453 representa uno de estos marcos.

La inclinacion se cambia por un sistema de cuerdas y poleas, y por lo tanto se le puede dar mayor ó menor altura segun convenga á los trabajos.

CARPINTERÍA

ANTIGUA Y MODERNA

TRATADO GENERAL TEÓRICO-PRÁCTICO

PARA USO DE CARPINTEROS, INGENIEROS, ARQUITECTOS, MAESTROS DE OBRAS, DIBUJANTES, PINTORES, CONSTRUCTORES, ALUMNOS DE ESCUELAS Y ACADEMIAS ESPECIALES, ETC., ETC.

REDACTADO EN VISTA DE LAS OBRAS DE

Adhemar, Diego Lope de Arenas, Cabanié, Douliot, Emy, Forneaux, Frezier, Hassenfratz, Krafft, Merly, Riddel y otros

COMPRENDIENDO LOS TRABAJOS Y CONOCIMIENTOS MÁS MODERNOS SOBRE EL ARTE

POR

D. FEDERICO DE ARIAS Y SCALA

INGENIERO

OBRA ILUSTRADA CON **500** Á **600** LÁMINAS

EXPLICATIVAS DEL TEXTO Ó QUE REPRESENTAN LAS APLICACIONES MÁS ARTÍSTICAS Y HERMOSAS DE LA CARPINTERÍA ANTIGUA Y MODERNA

CUARTA EDICIÓN

TOMO SEGUNDO

CIMBRAS, PUENTES Y CARPINTERÍA DE TALLER

BARCELONA

J. ROMÁ, S.DAD EN C.TA - EDITORES

Calle del Bruch, núms. 89 y 91

Establecimiento tipográfico de B. Baseda, Villarroel, 17. — Barcelona

CARPINTERÍA ANTIGUA Y MODERNA

CAPITULO XLIII

CIMBRAS

Las cimbras son obras de carpintería que sirven para sostener las bóvedas de fábrica durante su construcción, hasta el momento en que, colocadas las claves, puedan sostenerse por sí solas. Bajo este punto de vista, las cimbras vienen á ser verdaderos andamiajes, que se convierten en apeos cuando se las establece en bóvedas ya construídas, que deban restaurarse ó derribarse con cuidado, bien sea para la seguridad de los operarios, como para que los materiales que se van quitando no se rompan al disgregarse.

Si bien es cierto que el conocimiento de las condiciones que deben llenar las cimbras, como son las cargas que deben soportar, y las disgregaciones que puedan ocurrir pertenecen al carpintero, no es así con relación á las condiciones á que deben satisfacer, el cual pertenece al arte de construcción de las bóvedas, correspondiendo por lo tanto su trazado al arquitecto ó ingeniero encargado de la obra; en una palabra, al carpintero le corresponde únicamente la parte mecánica ó simplemente material.

Determinación de la forma de una cimbra. 1.ª La cimbra se hará según sea la bóveda, es decir, que, á construcciones sencillas, las cimbras también deben serlo.

2.ª El facultativo debe determinar las componentes de la cimbra en vista del material de que deba estar formada la bóveda.

3.ª Depende igualmente de la magnitud de dicha bóveda.

4.ª Depende de la clase y peso del material de la misma, esto es, de su mayor ó menor magnitud, y del material que se emplee, bien sea hormigón, ladrillo, sillería, etc.

5.ª Depende, por último, del apoyo que pueda darse á la cimbra, según el sitio en donde deba construirse el arco de la bóveda.

El origen de las cimbras remonta á la más alta antigüedad, coincidiendo, sin duda, con la construcción de las bóvedas, en tiempo de la construcción de las cloacas de Roma.

Ciertamente que se desconoce la composición de las cimbras empleadas por los antiguos; pero es fácil presumir, según la forma constante de sus construcciones de

bóvedas de medio punto, de los arranques salientes que dejaban en ellas, y los trabajos de carpintería que se conservan de aquella época, que su forma era como la representada por las figs. 1545 y 1546, adaptada la primera á un tramo del puente de Celsius, en Roma, y la segunda á un arco del puente de Gard, en Nimes.

La cimbra de la fig. 1545 pertenece al género de las llamadas *cimbras suspendidas*, á causa de que sus puntos de apoyo no se encuentran al nivel de los arranques de la bóveda, sino á una altura en donde ya no es posible que las juntas puedan sostenerse por sí solas, que corresponden á un ángulo de 30° con el horizonte.

Por las construcciones que aun se conservan de aquel tiempo, se ve que se atendía mucho á los efectos debidos al roce, dejándose ya, en los puntos necesarios de la bóveda, los salientes que convenían al apoyo de las cimbras.

Debe suponerse, pues, que las cimbras de los antiguos se diferenciaban muy poco de las empleadas hoy día para bóvedas de amplitud media.

Las mayores bóvedas de cañón seguido recto que se conservan no exceden de 20 á 25 metros de luz; por consiguiente, distan mucho de alcanzar las grandes amplitudes de los arcos de puente modernos de sillería.

Las causas que motivan la gran variedad de formas de las cimbras, son:

1.ª La forma de la bóveda que deba construirse;

2.ª Su mayor ó menor extensión;

3.ª La forma y colocación que deben tener los apoyos;

4.ª La clase de material de la bóveda.

CLASIFICACIÓN DE LAS CIMBRAS SEGÚN SU APOYO. 1.ª Cimbras *recogidas*, esto es, que apoyan en el centro;

2.ª Cimbras *fijas*, que además tienen puntos de apoyo en los arranques;

3.ª Cimbras *mixtas*, que se construyen como las recogidas;

4.ª Cimbras *correderas*, que son susceptibles al movimiento de traslación, desmontándose á veces y colocándose en sitios distintos, y resbalando otras veces sobre rails;

5.ª Cimbras *suspendidas*.

PARALELO ENTRE LAS CIMBRAS RECOGIDAS Y LAS FIJAS. Las ventajas que tienen las primeras sobre las segundas son:

1.ª Son más cómodas en aquellos casos en que no puedan montarse en la misma localidad, por ser muy rápido y sencillo su montaje;

2.ª No impiden el paso de embarcaciones, en el caso de la formación de puentes;

3.ª No necesitan puntos de apoyo intermedios, que muchas veces son difíciles de establecer;

4.ª Se pueden construir con maderas de dimensiones no muy considerables;

5.ª Su asiento no ocasiona garrotes en las bóvedas, pues su apoyo es tan sólo en los puntos extremos.

A pesar de estas ventajas, tienen la desventaja muy notable de ser más flexibles que las fijas, pues apoyando todo el armazón en los puntos extremos solamente, da más asiento á la bóveda; por cuyo motivo son preferibles las fijas.

COMPONENTES DE UNA CIMBRA. Toda cimbra consta del tablado, el cual presenta una superficie continua en donde apoyar la construcción, siendo dependientes el uno de la otra.

Constan de cuchillos, como las armaduras, y, para dar más resistencia, de falsos pares que afectan la forma de la bóveda, es decir, que son elementos constructivos de la forma que deba tener ésta.

Suele haber también en las cimbras los llamados puentes, cuyo objeto es evitar su deformación.

También tienen pendolones y tornapun-

tas para evitar la flexión de algunas piezas del armazón, y al mismo tiempo traban y consolidan el sistema.

Cada una de las piezas de una cimbra recibe su carga correspondiente, de modo que es indispensable conocer cómo cada una de ellas trabaja, bien sea por tensión, por flexión ó por compresión.

Si los cuchillos se ponen muy separados, la carga ó empuje será mayor que si se ponen más próximos; de modo que es conveniente buscar un término medio, que la práctica aconseja sea de 1'20^{m} á 2^{m}, según los casos.

Dispuestas las formas ó cuchillos, lo primero que debe hacerse es calcular el grueso del tablado, para que pueda resistir el peso que ha de gravitar sobre él.

Generalmente las tablas van clavadas, que así tienen la ventaja de unir ó trabar bien los cuchillos, evitando la deformación de las cimbras, y facilitar la colocación de los sillares, aumentando al propio tiempo su resistencia por trabajar como piezas empotradas.

La distancia de tabla á tabla y su grueso varía según el material que forma la bóveda; así, si es de sillarejo, se dará una distancia de 3 á 4 centímetros; si se trata de sillares, se dará mayor grueso á las tablas, sin que su distancia sea exagerada.

En las cimbras, los falsos pares son las únicas piezas que trabajan por flexión, y debe procurarse no sean muy largos, para que no se deformen.

En cuanto á las demás piezas, si bien trabajan por tensión, reciben á veces una ligera flexión, que se evita empotrándolas convenientemente, puesto que dicha flexión no les es propia.

CONDICIONES Á QUE DEBE RESPONDER LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CIMBRA. 1.ª Impedir el levantamiento de su parte superior por la tendencia que tiene á ello, por lo cual deben trabarse los lados, evitándose así su deformación.

Algunos constructores corrigen el peralte de la cimbra poniéndole pesos; pero lo que se logra con esto es darle carga inútilmente.

2.ª Disponer en la cimbra piezas compuestas de cuchillos, de modo que las fuerzas de ésta concurran á resultantes que las neutralicen.

3.ª Necesitando invariabilidad de forma, ésta se obtiene con cuchillos de armadura, cuidando que los triángulos que se forman, si no pueden ser rectos, se aproximen á lo menos á ellos.

Como en los cuchillos deben hacerse ensambladuras, deben colocarse éstas debidamente; y en el caso que dos piezas se encuentren formando ángulo, el ensamble se hará á media madera, en los encuentros, á barbilla sencilla ó á barbilla ó á caja y espiga, ó á media madera con cola de milano; el ensamble en los cruzados á media madera, y en los empalmes á rayo de Júpiter.

Debe procurarse hacer siempre las ensambladuras más sencillas para que haya buen ajuste.

Si las cimbras son importantes, deben consolidarse bien, empleándose como refuerzo clavijas de madera ó de hierro, pinchos, abrazaderas, pernos, etc.

Los extremos de los falsos pares deben tener á lo menos un ancho de 12 centímetros, para que no terminen en punta.

Con relación á su extensión, las cimbras pueden clasificarse en dos grupos: cimbras de 1 á 10 metros de luz, y cimbras para bóvedas ó arcos más considerables, y éstas á su vez se pueden dividir en *cimbras flexibles* y *cimbras rígidas*.

Las cimbras *flexibles*, como indica su nombre, son susceptibles de descomponerse, habiéndose construído una para el puente de Neuilly, en París, y para que el centro no subiese, se la cargó con un peso considerable.

Un ejemplo de cimbra rígida es la que sirvió para la construcción de la nave central de San Pedro de Roma, consistiendo en un puente colocado á 45° de la curva, que es el punto en donde trabajan más las bóvedas, combinándole con un sistema radial inferior de piezas de madera.

CIMBRAS MODERNAS

Como ya se ha dicho, la disposición general de los elementos que constituyen las cimbras para soportar los arcos de las bóvedas en construcción, tiene una analogía perfecta con la de los entramados para cuchillos de armaduras de que ya se ha tratado; de modo que no son más que formas que se establecen entre los montantes que sostienen á las bóvedas de piedra, siendo al propio tiempo como una especie de moldes para la fabricación de las mismas.

Con relación á las formas de las bóvedas, se considerarán dos clases de cimbras: las de cañón seguido, y las destinadas á cúpulas y bóvedas de revolución.

Según Rondelet, muchos son los casos en que puede prescindirse de establecer cimbras para la construcción de bóvedas esféricas, y en general aquellas en que la dovela es una superficie de revolución sobre un eje vertical; no obstante, no es posible prescindir de ellas cuando se trata de bóvedas cilíndricas ó de cañón seguido recto. De todos modos, el sistema de construcción de las cimbras es una imitación completa de la construcción de las cubiertas y de las bóvedas.

Para las bóvedas cilíndricas cuyos ejes sean horizontales, llamadas de cañón seguido, el cimbreo se compone de una serie de cuchillos semejantes, perpendiculares al eje de la bóveda y unidos entre sí por tablas horizontales. Estos cuchillos afectan la forma del cañón de obra que deben soportar.

Las figs. 1547 y 1548 representan los cuchillos de cimbras para bóvedas de medio punto. Las piezas de madera están combinadas en ellas como en los cuchillos de las cubiertas, conservando los mismos nombres, es decir, que *a* es el tirante; *b* un puente; *c* los pares; *d* los pendolones, etc.

El apoyo de la bóveda sobre la cimbra durante su construcción, depende de la naturaleza de los materiales que la componen; si esta fábrica es de mampostería ó de ladrillos, está soportada por una superficie formada por tablas, exactamente de la misma forma de la bóveda, sirviéndole realmente de molde.

CIMBRAS MÓVILES Ó FLEXIBLES

Cimbras del puente de Neuilly en París. Este sistema de cimbras se compone de varias series de pares en forma de polígonos concéntricos, colocados de modo que los ángulos formados por los unos correspondan á los lados de los otros.

La primera aplicación de este sistema se hizo en el primer puente de Moulins, destruído en 1710 á causa de una avenida del río, la cual no dió los resultados que se esperaban. Habiéndose perfeccionado después, puede decirse que el ejemplo más completo de este sistema está representado por las figs. 1549 y 1550, que se empleó para la construcción del puente de Neuilly.

La fig. 1551 representa las formas interiores de la quinta gemela, y la figu-

ra 1552 es una proyección de la misma por su cara de ensamble, cuya traza se encuentra sobre la línea *x y* de la fig. 1549.

La fig. 1553 es una aplicación de este sistema para arcos de medio punto.

La flexibilidad de esta clase de cimbras proviene del número de sus articulaciones, es decir, del número de sus juntas, por medio de las cuales todas las piezas cambian de inclinación con relación unas de otras, tal como si tuviesen visagras. De esta flexibilidad resulta que, así que empieza á levantarse la obra en los arranques de las bóvedas y cargar en las cimbras en los puntos que más trabajan, esto obliga á que estas partes bajen y se levante el vértice, cambiando así la forma general.

Para corregir este defecto, del cual resultaría una bóveda de forma distinta de la que debe tener, se carga el vértice de la cimbra con un gran peso convenientemente repartido, para equilibrarle con la presión operada en aquellos puntos, y poder conservar á la cimbra la regularidad y curvatura debidas.

En el puente de Neuilly era tanta la presión de los lados de la bóveda y el peralte del vértice que, para devolver á las cimbras la forma primitiva y conservarla durante la construcción de los arcos, fué preciso cargar sucesivamente los vértices con pesos de 122, 426 y 455 mil kilos. En el instante de cerrar las bóvedas, es decir, al colocar la clave, el movimiento general de las cimbras fué de 7 á 8 centímetros en 24 horas, que provino particularmente de la flexión de algunos pares, y de haberse hendido otros debido á la desigualdad de presión.

El medio más eficaz y más sencillo para impedir los efectos de las grandes presiones ejercidas sobre las fibras de la madera, consiste en emplear cajas de fundición que sustituyan á los ensambles directos de madera con madera.

CIMBRAS DEL PUENTE DE ORLEÁNS. Estas cimbras, representadas por la fig. 1554, pertenecen también á la clase de las flexibles, constando empero de menor número de articulaciones, y en las cuales los pares colocados en ellas disminuyen en gran parte la flexibilidad de las mismas.

La fig. 1555 es una sección según la línea *x y*, para que se vean las cruces de San Andrés ensambladas en las péndolas gemelas y en las gemelas horizontales, para impedir el movimiento de las formas.

CIMBRAS FIJAS

Las cimbras consideradas como *inflexibles*, son aquellas en que los ensambles no son susceptibles de movimiento alguno; así se concibe, pues, que en la cimbra del puente de Orleáns, si los dos pares *m, n,* hubiesen formado una sola y misma pieza en línea recta, el cambio de forma que hubiera experimentado la cimbra hubiera podido provenir solamente de la flexibilidad de la madera, y de ningún modo de la movilidad de los ensambles; puesto que, suponiendo un par colocado simétricamente como el *m n* en la otra extremidad del cuchillo, si las cargas de la fábrica hubiesen aumentado igualmente en ambos lados, su acción sobre el puente *p q* hubiera sido igual en los dos extremos de éste, que, por lo tanto, no hubiera cambiado de posición y la figura formada por este puente y los dos pares se hubiera conservado invariable. Así, pues, la estabilidad en la forma de la cimbra sólo dependería de la flexibilidad de los pares y de la resistencia del puente, la cual puede aumentarse tanto como convenga, aumentando la escuadría de estas piezas ó empleando armaduras en sustitución de este aumento de fuerza.

CIMBRAS DE LA NAVE DE SAN PEDRO DE ROMA. La fig. 1556 representa esta cimbra, la cual cumple admirablemente con casi todas las condiciones de resistencia y estabilidad, siendo el verdadero tipo de las cimbras fijas, salvo los cambios que puedan introducirse en ella para adoptar este sistema á los varios casos que la variedad de forma y dimensiones de las bóvedas pueden presentar.

CIMBRAS DE M. PITOT. El sistema de cimbras de San Pedro de Roma se encuentra también en el de M. Pitot (figs. 1557 y 1558), en las cuales se ve claramente la analogía de estas dos construcciones, á lo menos relativamente á la disposición general, con la cual se obtiene la invariabilidad de forma que se observa tanto en el conjunto como los detalles de la combinación.

CIMBRAS DEL PUENTE DE NEMOURS. Uno de los cuchillos de esta cimbra está representado en la fig. 1559, constando de dos pares y de un puente.

Como el puente está formado por un arco de círculo, resulta que la carga obra con tanta energía sobre los asientos, que impide el descimbramiento; con todo, ya se verá más adelante el modo como debe procederse en este caso.

CIMBRAS DEL PUENTE DEL STRAND. La cimbra de este puente de Londres es muy notable, como cimbra fija, por la buena combinación de los tornapuntas que entran en su composición, representado en la fig. 1560.

CIMBRAS SOSTENIDAS POR ESTACADO INTERMEDIO

Siempre que por la mucha luz de un arco y la gran longitud de su radio de curvatura se tema la flexión del centro de las cimbras á causa del peso de la fábrica, se debe sostener el espacio comprendido en la extensión de sus cuchillos por una especie de empalizada bien establecida en el lecho de los ríos, como se verá en los ejemplos que siguen:

CIMBRAS DEL PUENTE DE MOULINS. La fig. 1561 representa una de las cimbras que en 1762 sirvieron para la construcción de este puente, las cuales están sostenidas por pie-derechos verticales apoyados en macizos de albañilería levantados en el lecho del río.

CIMBRAS DEL PUENTE DE LA DORIA. La fig. 1562 es la cimbra de un arco rebajado, cuyo centro está sostenido por una empalizada compuesta de tres filas de dobles pilotes gemelos que cierran los cuchillos estando ligados longitudinal y transversalmente al puente con gemelas horizontales.

La fig. 1563 representa este mismo sistema de cimbras con alguna variante, para darle mayor solidez.

CIMBRAS DEL PUENTE DE CHÉSTER. El sistema de cimbras empleado en este puente está representado en la fig. 1564, siendo lo más notable de él que cada cuchillo está compuesto de una sola curva que sigue la curvatura del arco. Esta curva está sostenida por apeos apoyados en pilares de obra de fábrica construídos en el lecho del río.

CIMBRAS DEL PUENTE DE GLÓCESTER. La fig. 1565 representa una de las cimbras de este puente, muy notables por su sencillez, la cual está apoyada en pilotes ligados á las cimbras por medio de puentes que descansan en las puntas de dichos pilotes.

CIMBRAS DEL PUENTE DE BRIACON. Esta construcción ofrece el ejemplo de los medios que pueden emplearse para dar apoyo á las cimbras, en el caso de arcos de luz considerable, y no ser posible utilizar el lecho del río.

Este puente, de unos 40 metros de luz,

está asentado en un terreno, cuyos accidentes permiten sostener las cimbras sin necesidad de pilotes intermedios.

La fig. 1566 representa esta cimbra y la sección general del terreno.

Cimbras del puente de Edimburgo. La fig. 1567 es un segundo ejemplo del medio de procurar puntos de apoyo intermedios para cimbras de una gran extensión.

CIMBRAS PARA BÓVEDAS DE POCA LUZ

En la construcción de los edificios son muchísimas las bóvedas de poca luz que no sería posible construir sin el auxilio de las cimbras, de las cuales se darán algunos ejemplos basados en la economía, indispensable en formas que deben durar tan sólo el tiempo necesario á la construcción de dichas bóvedas.

Cimbras para bovedillas de sillería. Las figs. 1547 y 1548 representan cimbras aparejadas para sillería, en cuya clase de bóvedas se sustituyen á veces las piezas *m* por obras de fábrica hechas con yeso, á las que se da la curvatura que deba tener la bóveda, con lo cual se economiza madera.

Si estas bóvedas de sillería tienen muy poca extensión, las cimbras se sostienen por medio de cuñas colocadas en los arranques de los arcos.

La fig. 1568 representa una cimbra recogida que sirvió para los trabajos del canal de Borgoña.

Cimbras para bóvedas parabólicas. La fig. 1569 es el dibujo de una cimbra de esta clase para la construcción de los arcos de escaleras. Si el arco tiene poco grueso basta un solo cuchillo; mas si el grueso es mayor, se ponen dos para el mejor asiento de la fábrica.

Cimbras formadas por tablas puestas de canto. Como ya se ha dicho, las bóvedas de poca luz requieren cimbras de construcción muy ligera, bastando hacerlas con tablas puestas de canto por el estilo de los hemiciclos de Filiberto Delorme; una de las cimbras de esta clase está representada por la fig. 1570, acostumbrándose á colocarlas de metro en metro en toda la longitud de la bóveda, y revistiéndolas con un tablado para el asiento de la fábrica.

La fig. 1571 indica la cimbra de medio punto más pequeña que se emplea en las construcciones, susceptible de simplificarse aún más suprimiendo el pendolón, en cuyo caso basta cruzar las dos tablas que forman los pares en el punto culminante de la forma.

Estas cimbras se emplean comúnmente para las bovedillas de los desagües subterráneos, construyéndolas de 3 á 4 metros de longitud. Para su manejo, una vez concluída la porción de bóveda que se construye, se quitan las cuñas colocadas en sus asientos, con lo cual se desprenden de la superficie interior de la bóveda, entonces se hacen correr hasta colocarlas á su continuación y poder continuar los trabajos.

La parte constructiva de las cimbras corresponde, como es natural, á los carpinteros, mas no así su colocación ni cambios de sitio, lo cual corresponde á los albañiles.

Cimbras para puertas y ventanas. La fig. 1572 indica el modo cómo se colocan estas formas en los arcos rebajados de estas aberturas, que, por su poca luz, requieren cimbras sencillísimas.

Cimbras para portales. La fig. 1573 es el detalle de cimbra de un arco abierto en un muro. Esta cimbra está compuesta de dos cuchillos paralelos, cuya distancia es igual al grueso del muro, para que sus extremidades puedan descansar en él. Cada uno de estos cuchillos está formado por tablones puestos de canto, clavados en unos montantes laterales y en otro central.

CIMBRAS DEL PUENTE DE MELÚN. Como las bóvedas de este puente, construídas hace muchos siglos, como lo prueba su pequeño diámetro, su forma en arco de medio punto y su estado de antigüedad, amenazaban ruina, para evitar su derrumbamiento se las tuvo que cintrar, procurando que las cimbras ocupasen el menor espacio posible para que no impidiesen la navegación por el río. Con este motivo se construyeron cimbras compuestas de tablas que se curvaron reblandeciéndolas por medio del calor y de la humedad.

La fig. 1574 es la elevación de uno de los arcos de dicho puente junto con una de las cimbras de que se trata. El ancho del puente, entre los dos paramentos, es de 6'80^{m}. Las cimbras se componen de seis tablas de madera de roble de 5 centímetros de grueso y de 20 centímetros de ancho.

Estas tablas están cogidas por piezas gemelas radiales y por abrazaderas de hierro, y los cuchillos se consolidaron entre sí con travesaños gemelos, colocados en los radios de la parte de intrados y formando un tablado en la parte de extrados de la cimbra.

CIMBRAS PARA CÚPULAS

La forma anular de las secciones horizontales de las cúpulas simplifica mucho sus medios de construcción con relación á la forma que deba darse á las cimbras. Si esta forma es continua, es decir, que no está interceptada por otra bóveda, permite el prescindir de las cimbras propiamente dichas, bastando emplear armaduras horizontales que se van subiendo á medida que avanza la obra, manteniéndolas á la altura de los asientos durante el tiempo necesario á la construcción de cada hilada ó corona, y hasta que la hilada esté completa.

APOYO DE LA CÚPULA DE FLORENCIA. El procedimiento que se acaba de indicar es debido á Brunelleschi, que lo inventó para la construcción de la cúpula de ocho lados de la iglesia de Santa María del Fiore, en Florencia.

Al proponer la construcción de esta cúpula sin cimbra, se le hizo una oposición muy enérgica por la mayoría de arquitectos, ingenieros y constructores, quienes deliberaron sobre los medios de construir esta inmensa cúpula, que se encuentra á una altura de 53'60^{m}, sin contar la linterna que tiene, además, con la bola y la cruz, una altura de 19'17^{m}.

Los proyectos que se presentaron para la construcción de las cimbras resultaron de un coste tan elevado, que se pensó nuevamente en el proyecto de Brunelleschi, y desde el instante en que divulgó el medio que pensaba utilizar, consistente en entramados radiales horizontales para sostenimiento de las hiladas, que se irían subiendo para cada una de éstas, ya no se dudó del éxito de la obra y de su gran economía.

Si una cúpula debe estar interceptada por aberturas que interrumpan la continuidad de algunas hiladas, como en la segunda bóveda de la cúpula del Panteón de París, ya no es posible emplear el sistema de Brunelleschi, á lo menos con relación al espacio comprendido en la altura de estas aberturas, debiéndose recurrir á la combinación completa de una cimbra general para esta parte de la bóveda, á menos que las cimbras parciales indispensables para la colocación de los arcos que forman las aberturas no puedan servir, combinándolas con los entramados radiales, para el apoyo de las hiladas truncadas.

CIMBRAS DE LA CÚPULA DE SAN PEDRO DE ROMA. Cuando deba construirse una cúpula sobre cimbras completas, éstas deben estar compuestas, como para las bóvedas cilíndricas, de cierto número de cuchi-

llos, sólo que en vez de estar colocados paralelamente unos á otros, se colocan en sentido del eje de la bóveda, reuniéndose á un pendolón común á todas ellas; de modo que estas cimbras resultarán ser verdaderas cúpulas de carpintería cuya superficie de asiento será la superficie interior de la cúpula.

Es por demás entrar en detalles sobre la construcción de esta clase de cimbras, puesto que todo cuanto se ha dicho anteriormente con respecto á las bóvedas de carpintería y á las cúpulas, se aplica perfectamente á ellas; sólo sí se hará una ligera descripción de la cimbra que sirvió para la construcción de la cúpula de San Pedro de Roma.

La fig. 1575 representa uno de los cuchillos de esta cimbra, la cual estaba compuesta de diez y seis de ellos ó de treinta y dos medios cuchillos reunidos por entramados horizontales centrales, por la imposibilidad de poderles reunir en un pendolón común.

La fig. 1576 es un fragmento de la planta de esta cimbra á la altura del primer plano.

Cúpula del Panteón de Roma. La cúpula mayor que se ha construído de obra de fábrica es la del Panteón de Roma, que tiene 43'502^{m} de diámetro.

El arte de la carpintería debe tener un interés muy señalado en indagar si verdaderamente los antiguos empleaban, para la construcción de sus grandes obras, verdaderas cimbras, ó se valían de algún otro medio de ejecución desconocido.

El parecer de los arquitectos y de los amantes de lo antiguo no resuelve nada sobre este particular. La opinión vulgar en Roma es que, para la construcción de esta preciosa cúpula, no se empleó cimbra alguna, pretendiendo que, una vez construídos los muros circulares que la sostienen, se rellenó el interior con tierra fuertemente comprimida hasta formar con ella como el molde en donde debía asentarse dicha cúpula. Una vez concluída ésta, se quitó toda la tierra contenida al interior, añadiéndose que, para excitar el trabajo, se habían echado durante el relleno un sinnúmero de monedas romanas mezcladas con la tierra.

Rondelet considera esta versión como una fábula, pues, según él, el arte de construir había alcanzado, en tiempo de Augusto, un grado tal de perfección, que no es probable se hubiese echado mano de un medio tan primitivo, siendo su opinión que debieron establecerse cimbras muy ligeras que se utilizaban al propio tiempo como andamios.

Con todo, el sistema de terraplén, que se había practicado mucho en Roma, y que aun hoy día se practica para bóvedas muy pequeñas, es de sí tan sencillo que casi no puede dudarse de la verdad de la tradición. Por otra parte, guarda muy buena relación con la economía, puesto que es más que probable que los gastos de terraplén ó relleno de 60,000 metros cúbicos de tierra que comprende el Panteón, comprendida la cúpula, más el valor de la moneda diseminada entre la tierra, no alcanzan, de mucho, las sumas que hubieran costado las cimbras más sencillas para un diámetro tan considerable.

Cimbras de la cúpula del Panteón de París. Rondelet ha utilizado, en la construcción de las bóvedas de la cúpula del Panteón, las piezas horizontales de que están formadas las cimbras para formar un compuesto que sirviera al propio tiempo de andamio y de apoyo.

Las figs. 1493 y 1494 representan los andamios cintrados de que se trata, que están ligados á los andamios exteriores para su completa solidez.

La fig. 1493 es una sección según la línea *c m* de la planta (figs. 1495 y 1496).

La fig. 1494 es una sección según la línea *c b* de la misma planta.

La fig. 1498 es el entramado horizontal al nivel *x y* del arranque de la bóveda.

Cimbras para bovedillas en forma de casquete esférico. Para estas bóvedas, en vez de cimbras con ensambles se emplean tablones puestos de canto, ó bien tablas en la misma forma, si tan pequeñas son las bóvedas, las cuales se cortan según el perfil generador de la bóveda, colocándolas por un extremo al nivel del arranque y sosteniéndolas con algunos ladrillos, ó por medio de montantes verticales clavados en ellos; en el centro se reunen todos en un pendolón común.

Su separación mayor no debe pasar de la longitud de un ladrillo.

Estas cimbras se emplean para la construcción de hornos.

DESCIMBRAMIENTO

Procedimiento antiguo de descimbramiento. Se da el nombre de descimbramiento á la operación de quitar á la bóveda todos los soportes ó apoyos que han servido para sostenerla durante su construcción.

Esta es una de las operaciones más delicadas de la construcción, y requiere muchísimo cuidado, no debiendo procederse á ella, más que al cabo de cierto tiempo para dar lugar á que los materiales se sequen y adquieran la consistencia necesaria para resistir convenientemente la presión que deben sufrir.

Si se procediese al descimbramiento con demasiada prontitud, esto es, antes que los morteros tengan la dureza conveniente, harían movimiento las juntas, perdiendo su verdadera forma las bóvedas, y ocasionando quizás accidentes muy funestos.

Antiguamente, el descimbramiento de las bóvedas, en particular de los arcos de los puentes, se practicaba principiando por quitar las cuñas colocadas entre las cimbras, y los arcos y los travesaños de unión de los entramados, dejándose caer al mismo tiempo luego todas las cimbras.

La operación de quitar las cuñas se practicaba con la mayor lentitud, y sucesivamente unas después de otras, principiando simétricamente por las extremidades de los arcos, y por todos ellos á la vez si los pilares de los puentes no tenían el grueso suficiente para contrarrestar los empujes laterales.

A pesar de estas precauciones, como los puntos de sostenimiento de los arcos se encontraban casi siempre muy separados, podían dar lugar á un asiento desigual de todos ellos, por cuyo motivo hoy día se usa otro medio, que se aplicó con buenos resultados para el descimbramiento siguiente:

Descimbramiento del puente de Nemours. Una vez cerradas las bóvedas de este puente, la presión de las hiladas sobre las cuñas fué tan considerable, á causa de la forma rebajada de los arcos, que ya no fué posible arrancarlas, á lo menos sin temor á algún accidente; así, pues, se prefirió ir demoliendo lentamente, con las debidas precauciones y empleando útiles cortantes, las ocupaciones inferiores de los pares, que, debilitándose, iban cediendo poco á poco á causa de la carga de la bóveda, asentándose con lentitud y siguiendo el movimiento de la cimbra, hasta alcanzar el asiento completo.

Descimbramiento del puente del Strand. En algunas construcciones de bóvedas, el procedimiento anterior se sustituye por el de bajada lenta de las cimbras, más ventajoso que aquél.

Uno de estos procedimientos, el más ingenioso quizás, es el que se empleó en el puente del Strand, en Londres, representado en la fig. 1560.

Las cimbras de este puente estaban formadas por piezas cruzadas en varios puntos, lo cual les daba una invariabilidad completa;

para ello se adoptó el sistema de cimbras recogidas, es decir, que principiaban en los puntos necesarios para la colocación de las hiladas cuyas juntas tenían la inclinación de 30°, debajo de las cuales las extremidades de las cimbras se sostenían sobre tres piezas de madera *b d*; la línea de centro de la pieza *b* era normal á la curva del arco.

La pieza superior *a* servía de par y recibía los ensambles de las ocupaciones inferiores de los primeros tornapuntas; la pieza inferior *d* estaba fija en cinco soleras sostenidas por otras tantas estacas apoyadas en zapatas ó durmientes colocados en los ángulos entrantes formados por la cimentación.

La tercera pieza *b* estaba interpuesta entre las dos primeras *a, d,* y unida á ellas por redientes bien ajustados, que se correspondían exactamente por la parte superior y la inferior. Se ve, pues, que empujando ó tirando las piezas *b* de cada arranque, penetraban entre las piezas *a* y *d* ó se desprendían de ellas y se aproximaban ó separaban éstas, y por lo tanto, no pudiendo ya bajar las piezas *d*, las piezas *a* bajaban ó subían según la dirección de los movimientos imprimidos á las piezas *b,* y con ellas todo el sistema de la cimbra podía moverse con la lentitud deseada. De este modo es fácil operar la bajada de la cimbra con toda la regularidad y pausa necesarias.

Al colocar una cimbra, la pieza *b* se ponía en el sitio conveniente, para que la cimbra se encontrase á la altura verdadera para recibir las hiladas, fijándose su posición por medio de cuñas ó dobles cuñas de seguridad entre las ocupaciones de las cremalleras.

Estas cremalleras se aflojaban golpeando la extremidad de la más delgada de cada pieza *b*, habiéndose cuidado antes de quitar las llaves ó cuñas de seguridad, lo cual producía el descenso natural que convenía entonces dar á la cimbra.

Las líneas de división marcadas en las caras de las piezas *a, b, d,* sirvieron para regular el movimiento de las piezas *b*, de modo que la bajada de las cimbras se verificó en todos los cuchillos con la mayor igualdad y lentitud.

EMPLEO DEL HIERRO EN LAS CIMBRAS

El hierro se emplea en la construcción de las cimbras en la misma forma y las mismas circunstancias que en los cuchillos de las cubiertas de que ya se ha tratado.

La descripción, pues, de que se trata ahora, no es más que el complemento de lo dicho entonces.

Puente del Strand. Las cimbras de este puente son verdaderamente muy notables, como ya se ha dicho, á causa del medio empleado para el descimbramiento de sus arcos, y por la buena combinación de las maderas que componen cada cuchillo.

Los tornapuntas que afluyen á los varios puntos de la curva forman, de dos en dos y con la línea *a a* que une sus extremidades inferiores, triángulos fijos, en atención á la resistencia completa de dos estribos, equivalentes á un puente. De esta combinación resulta una estabilidad completa en la curva de la cimbra, que por este motivo resulta una cimbra fija.

Los cruces de los tornapuntas de esta cimbra se ensamblan á media madera; en dos puntos *v* y *u* en donde estos ensambles son muy extensos, se ha evitado su falta de resistencia por medio de péndolas gemelas *m, n.* En los tres puntos *x, y, x'* de este sistema, el número de tornapuntas que se cruzan en el mismo punto es en tan gran número, que no es posible practicar las juntas, por lo cual se unen todas las ocupaciones de los tornapuntas que afluyen al mismo punto, por una especie de espigón de hierro fundi-

do que recibe seis puntas en x y x' y ocho en y. Este sistema de ensamble se practica con bastante exactitud, resultando los tornapuntas de una misma fila como si formasen una sola pieza.

CIMBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL. Cada cuchillo de este túnel (figura 1577) está construído sin ninguna caja ni espiga, excepto para el ensamble en las piezas que sustituyen á los tirantes; todos los demás ensambles están ejecutados sobre zapatas de fundición fijadas con pernos.

Cada una de estas piezas de fundición está dividida en dos partes por medio de un nervio central, que reciben la bifurcación de las piezas ensambladas de madera.

Si la naturaleza del terreno lo permite, se colocarán puentes sobre los macizos entre pie-derechos.

CAPITULO XLIV

CARPINTERÍA APLICADA Á LA CIMENTACIÓN

No todos los terrenos en donde se quiera emplazar un edificio tienen la suficiente solidez para poder soportar su peso, de modo que se les debe preparar convenientemente, y el medio que se acostumbra emplear para ello es el de pilotes, si bien no siempre es el mejor.

Se llama *pilotaje,* á una serie ó conjunto de pilotes clavados en el terreno y dispuestos en forma de cuadrícula, cuya planta se traza en el papel antes de proceder á su colocación.

La distancia entre los pilotes depende de la naturaleza de la cimentación, de la clase de terreno, de la sección de los pilotes, pues cuanto más delgados sean, menor debe ser la distancia entre sí; y si más gruesos, mayor debe ser aquélla.

Como término medio, la distancia mínima entre pilotes debe ser de 75 centímetros y la máxima de $1'50^{m}$.

Hay pilotes que no se introducen completamente en el terreno, de modo que tienen una parte saliente mayor ó menor según los casos, á los cuales se les distingue con el nombre de *pilotes del exterior,* y otros que se introducen completamente, que se llaman *pilotes del interior*.

Los pilotes se colocan comúnmente en posición vertical; pero como por la índole de la construcción se puedan temer resbalamientos, en este caso, siendo su objeto el sostener la masa, se les pone algo inclinados, en sentido contrario á la fuerza de resbalamiento.

Los constructores no están unánimes con relación al efecto producido por los pilotes; los unos creen que, al igual que las raíces de los árboles, tienen por objeto pasar á través de un mal terreno para ir á hincar en una capa sólida y servir de apoyo á las construcciones; otros les consideran á propósito para sostener el peso de un edificio, precisamente por la suma de frotamientos que reciben en el suelo que les impide penetrar más que lo que ha podido alcanzar el martinete; otros,

en fin, les consideran como un medio de comprimir el terreno en todos sentidos á su alrededor á una profundidad igual á su longitud, de modo que vengan á formar una masa más compacta, y por consiguiente más á propósito para soportar una gran carga. Es de creer que según los terrenos en donde se les coloque, pueden llenar debidamente el objeto que se desee, produciendo los efectos que se les atribuyen; sin embargo, será siempre imprudente el contar con estos efectos solamente, sin haber antes estudiado bien las circunstancias dentro de las cuales se trata de emplear el pilotaje.

Así, pues, bajo el punto de vista de la compresión, los pilotes no darán ningún resultado en terreno arcilloso, tanto por su flojedad, como porque al imprimir fuerza á los unos se van levantando los contiguos.

Sin embargo, introducidos formando una masa compacta en terrenos de esta clase, no dejan de prestar su utilidad, como lo prueba la demolición de la torre de La Chaine, del puerto de la Rochela, que á causa de su estado ruinoso, se temió pudiese desplomarse. Al derribarla, en 1817, para reedificarla, se encontraron debajo de los cimientos de una parte del andén contiguo al interior del puerto, una gran superficie de pilotes colocados unos al lado de otros, y tan compactos, que no dejaban ningún espacio entre sí, resultando de ello como una segunda cimentación que había resistido y bastado para sostener la porción de muro del andén de que se trata, que tuvo que quitarse para proceder al ensanchamiento de la entrada del puerto.

Al constructor corresponde, pues, el estudiar con mucho cuidado la naturaleza del terreno en el cual debe establecerse el pilotaje, para conocer los efectos que puedan esperarse de este sistema.

Con relación á la parte de carpintería, se indicarán los procedimientos que se emplean para la ejecución de los trabajos de cimentación de un edificio cualquiera; por consiguiente, se describirán algunas cimentaciones sobre pilotes y emparrillados más notables, partiendo de la base de que sólo debe emplearse la madera con este objeto, cuando se tenga la seguridad de que su asiento es en el agua ó en un terreno tal, que su humedad equivalga á una inmersión completa y constante.

En los trabajos que se hagan en el mar, no deben colocarse nunca las maderas de cimentación en agua salada, para evitar que los mariscos y otras causas puedan destruirlas.

Siempre que en un terreno deban emplearse los pilotes para recibir una cimentación de obra de fábrica, ó bien cuando á pesar de su poca consistencia no se quieran establecer aquéllos, se establece debajo de la obra un emparrillado de madera con el objeto de ofrecer un asiento á la construcción, é impida que cualquier parte de ella pueda hundirse aisladamente en el terreno, evitando con ello al propio tiempo cualquier desigualdad de movimiento debido á la desigualdad de resistencia de dicho terreno.

La naturaleza de éste, la clase de materiales que deban emplearse y la forma del edificio, son las causas que determinan el número, la fuerza y la combinación de las maderas ensambladas que deben colocarse debajo de los cimientos.

Los medios de colocación de estas piezas cambian según pueda trabajarse en seco, debido al achicamiento, ó dentro del agua, ó por medio de cajones; de todos modos el trabajado de las maderas, su trazado y sus ensambles se ejecutan por los mismos medios que los ya descritos en capítulos anteriores, los cuales se aplican á todas las partes del arte.

Clases de madera empleadas para pilotes. Pueden servir para el caso una gran variedad de maderas, no olvidando la resistencia que deben tener, la compresión

que han de sufrir, y en general, deben ser muy permanentes, pues las tierras en donde se asientan son por lo común húmedas en mayor ó menor grado.

Las maderas resinosas resisten más á la humedad, por lo cual se emplearán bien.

Cuando el pilotaje deba establecerse en obras de mucha importancia, ha de tenerse mucho cuidado en la elección de la madera, y deben elegirse las más resistentes aunque sean muy costosas.

La mejor clase de madera es la de encina; mas como no siempre se encuentra á mano, pueden usarse entonces las resinosas, entre ellas el pino preferentemente.

Forma de los pilotes. La forma más usada es la cilíndrica, y mejor aún la ligeramente cónica, que es la que tienen los árboles de sí propios. También se usa la forma rectangular.

Debe cuidarse que los pilotes sean bien rectos para facilitar su hincamiento, de modo que los árboles algo curvos no sirven, debiendo tener al propio tiempo su superficie bien lisa; es decir, que se les deben quitar todos los principios de las ramas y demás partes salientes que tengan.

Preparación de los pilotes. Las operaciones que deben practicarse para ello son:

1.ª Deben descortezarse para quitarles la superficie áspera que ofrece la corteza.

2.ª Hacer desaparecer los restos de los arranques de todas las ramas, cuidando de no quitar la capa que sigue á la corteza.

3.ª La cabeza del pilote debe cortarse bien perpendicular á su eje, porque si así no fuese, al amartillarlo para que se hunda en el terreno, se deformaría y no se introduciría perpendicularmente.

4.ª En la parte superior se le coloca un aro ó anillo de hierro que, reteniendo las fibras de la madera, la conserva más tiempo sin deformarla.

5.ª La terminación de los pilotes puede ser de varios sistemas, pero siempre debe ser en punta.

Si el terreno es flojo, basta hacer la punta sin necesidad de preservarla.

Si el terreno fuese algo duro, entonces se le pone una punta de hierro dispuesta con cuatro cortes, en forma de pirámide cuadrangular, y cuya altura varía entre vez y media y dos veces el diámetro del pilote, de modo que cuanto más resistente sea el terreno, más altura debe dársele.

Para que no se abra la punta se hace una pequeña pirámide en el extremo, de aristas más ó menos oblicuas ú obtusas; y en el caso de ser un terreno más duro aún, debe chamuscarse la punta.

Cuando el terreno es muy duro, se calzan las puntas con aparatos llamados atuches, que pueden ser de hierro forjado, hierro fundido ó de planchas de palastro.

Las condiciones que deben tener las puntas de los pilotes son: que sean resistentes para soportar los martillazos, que tengan buen chamuscado y que su superficie sea bien lisa, sin clavos salientes.

El atuche de hierro forjado es el más sencillo, y consiste en cuatro hierros de sección rectangular que se unen á una punta maciza de hierro forjado también, estando unidos al pilote por clavos, cuyas cabezas están introducidas de modo que no sobresalgan.

Estos atuches se ponen en caliente para que formen mejor trabazón, pues, al enfriarse el hierro, se contrae y aprieta con mayor fuerza las fibras de la madera; mas, como á pesar de todas cuantas precauciones se tomen estos atuches suelen moverse y entonces el pilote no puede pasar adelante, ocasionando pérdidas, para poder afianzarlo sólidamente se recurre á atuches de hierro fundido cuya sección es de triángulo equilátero de punta maciza, con una parte saliente en todo su alrededor, para lo cual se deja á la madera una ranura para recibirla.

Al verter el hierro en el molde se pone un tornillo en su centro que, al enfriarse,

forma una sola pieza con el atuche, cuyo tornillo sirve luego para roscarle al pilote, ofreciendo así un sistema muy sólido.

Los atuches de planchas de palastro son de superficie cónica, teniendo en su interior una punta maciza de hierro fundido.

La fig. 1578 representa la cabeza de un pilote con su anillo, el cual permanece sólo en él el tiempo de la hinca, puesto que se van quitando una vez introducidos completamente los pilotes, para utilizarlos para los demás.

La fig. 1579 representa la punta de un pilote cuadrado, en forma de pirámide cuadrangular. Para facilitar la entrada del mismo, se le labran sus aristas para que den una pirámide de ocho lados (fig. 1580).

La fig. 1581 es la punta de cuatro caras en pilote redondo.

La fig. 1582 es la punta de seis caras, pudiéndose hacer de ocho y de más aún si así se cree conveniente.

La fig. 1583 es una punta de hierro forjado en pilote cuadrado.

Figura 1584, punta de hierro forjado en pilote redondo.

Figura 1585, punta de hierro fundido en pilote redondo.

La fig. 1586 es una sección de esta punta por un plano vertical que pasa por su eje.

Determinar la sección transversal de los pilotes. Para ello pueden presentarse dos casos:

1.° Dado el número de pilones, determinar su sección transversal.

2.° Dada su sección transversal, determinar el número de pilotes.

Este segundo caso es el que acostumbra á presentarse con más frecuencia.

Llámese P al peso total de la carga; R al coeficiente práctico de la resistencia de la madera; N al número de pilotes necesarios, y S la sección de los pilotes, se tendrá:

$$P = N S R \qquad \text{de donde } N = \frac{P}{S R}$$

cuya fórmula da el número de pilotes necesarios, y

$$S = \frac{P}{N R},$$

da la sección que se ha de dar al pilote en el primer caso; mas como no debe fiarse de esta fórmula por influir mucho la longitud de los pilotes, se ha ideado la fórmula práctica siguiente:

$$D = 0'24^m \ (L - 4^m) \ 0'015^m$$

en la cual, D es el diámetro de los pilotes y L su longitud; de modo que si se supone que los pilotes tengan 6 metros, por ejemplo, la fórmula dará:

$$D = 0'24 \ (6 - 4) \ 0'015 = 0'27^m$$

que dice que, para una longitud de 6 metros, el diámetro debe tener 27 centímetros.

El valor de R, en terreno firme, resiste 70 kilogramos por centímetro cuadrado de sección; si se da más longitud y es en terreno flojo, resulta á 14 kilogramos.

El diámetro de los pilotes varía entre 20 y 30 centímetros, siendo su longitud máxima de 20 á 25 veces su diámetro.

HINCA DE LOS PILOTES

Siempre que se tengan que clavar horizontalmente, se suspenderá un madero muy pesado que, debido al movimiento de oscilación que se le imprime, va clavando á cada golpe el pilote.

Para clavarlo verticalmente existen dos medios: si se trata de pilotes pequeños, por medio de mazos de madera ó de hierro, según la clase de terreno; si son pilotes grandes, se hace por medio de martinetes.

MARTINETES. Se da el nombre de martinetes á las máquinas que se emplean para introducir los pilotes en el terreno, las cuales se colocan en un plano horizontal establecido sobre el emplazamiento del pilotaje.

Si se trata de un espacio lleno de agua, se establecen los martinetes en pontones ó en almadias; sin embargo, este medio no es el mejor y sólo podrá utilizarse en sitios donde el agua esté completamente tranquila y cuyo nivel sea constante.

Para obtener un pilotaje exacto en el agua, es indispensable introducir primeramente algunos pilotes provisionales para establecer un tablado sobre ellos y poder colocar el martinete. Una vez colocados todos los pilotes, se arrancan los provisionales, ó se les hunde al mismo nivel ó más bajos que los restantes.

El martinete es un aparato como una cabria, que tiene por objeto suministrar á cierta altura un punto de apoyo á un gran peso, con el fin de dejarle caer sobre la cabeza del pilote y hundirle.

Hay tres clases de martinete:

1.° Martinete á brazo.

2.° Martinete de escape.

3.° Martinete movido por máquina de vapor.

El martinete á brazo es el más sencillo, y se le llama así por utilizar la fuerza de más ó menos operarios para levantar el mazo ó peso.

Este martinete está representado por las figs. 1587, 1588 y 1589.

b b son los pie-derechos ó gemelas verticales que en algunos casos se sustituyen por una corredera vertical á lo largo de la cual resbala el martillo. Las figs. 1590 y 1591 representan esta disposición:

c, tornapunta, provisto de travesaños que forman una escalera.

d, refuerzos.

e, travesaños.

a, solera transversal.

f, solera de eje.

g, tornapuntas horizontales.

La solera, las gemelas, los refuerzos y los travesaños forman el entramado principal del martinete y su cara anterior.

A ambos extremos de la solera transversal y en la punta de la solera de eje se encuentran debajo unas entalladuras para poder afirmar el martinete al cambiarle de posición.

t, pilote en función.

h, peso ó mazo de madera pulimentada de 300 á 500 kilogramos de peso, según el grueso y longitud que se le dé, proporcionalmente á la fuerza necesaria para introducir el pilote según su grueso y la resistencia del terreno.

i, polea por la cual pasa el cable.

k, cable unido al anillo de hierro del mazo.

La otra extremidad del cable termina en un anillo al cual están unidas un sinnúmero de cuerdas *m* para los braceros, cuyo número depende del peso del mazo, contándose á razón de 12 á 15 kilogramos por hombre.

Para que la pérdida de fuerza sea la menor posible á causa de la oblicuidad de las cuerdas, se da el mayor diámetro posible á la polea, cuidando de que los operarios puedan maniobrar desahogadamente; y para que les sea más cómodo el trabajo se les ponen travesaños redondos de madera en las extremidades de las cuerdas, como los representados en las figs. 1592 y 1593.

El movimiento de los braceros debe ser uniforme y de arriba abajo con fuerza; entonces al aflojar las cuerdas cae el mazo resbalando por la colisa formada por las gemelas.

Si el mazo tiene mucho peso, y por lo mismo deben emplearse muchos braceros, se emplean entonces dos cables, unidos ambos al mazo y que pasen por dos poleas paralelas colocadas en la parte alta de las gemelas, como expresa la fig. 1594.

Para que la divergencia de las cuerdas no haga perder tanta fuerza, es conveniente colocar las poleas oblicuamente, como en las figs. 1595 y 1596.

El mismo martinete sirve de cabria para colocar el pilote que deba hincarse, para lo cual se le añade un torno *i* cuyo cable pasa por dos poleas, en *o* la una, en el punto en donde atraviesa el tornapuntas *c*, y en *p* la otra, en el vértice del martinete. Este cable lleva en su extremidad un gancho para fijarle después de haberle hecho dar dos ó tres vueltas en el punto del pilote que se desee coger; una vez ya no se necesite este cable, se le fija en uno de los refuerzos como expresa la fig. 1588.

Para hincar bien verticalmente un pilote, debe colocársele muy bien desde un principio, haciendo de modo que el centro de gravedad del peso recorra al caer la vertical correspondiente al eje igualmente vertical del pilote. Esta condición exige que la posición del mazo sea bien exacta, de modo que las gemelas sean bien verticales; que el plano que pasa por el centro del espacio comprendido entre ambas y por el travesaño de eje, pase también por el eje vertical según el cual deba hincarse el pilote; y, en fin, que el mazo se halle á la distancia conveniente del pilote, para que el centro de gravedad del mazo se mueva en dirección de este eje.

Para conservar el paralelismo y la distancia del pilote á las gemelas durante la hinca, se coloca una guía del grueso conveniente entre el pilote y dichas gemelas, y para que la cuña no pueda escapar se le da la forma de T (fig. 1597), colocándose los brazos *m n* entre las gemelas y el pilote (figs. 1598, 1599 y 1600), y el nervio *p* entre las gemelas.

El empleo de esta guía es ciertamente muy útil y facilita extraordinariamente la hinca de los pilotes; pero el tener que cambiar el ligado de sitio al encontrar algún obstáculo, hace más ventajosa la forma representada por las figs. 1601 y 1602, compuesta de una pieza *m m* á la cual está unido el pilote durante la hinca; de un travesaño *p p* que resbala por la parte interior del mazo á lo largo de las gemelas y de un tope *t* combinado con los dos travesaños, por medio de muescas para que conserve la misma posición. Estas tres piezas están atravesadas por un perno con tuerca de aletas para poder oprimir las gemelas entre dos piezas *m m*, *p p*, sin dificultar por esto el resbalamiento.

La fig. 1603 es un fragmento de la elevación de un martinete á brazo.

La fig. 1604 es un fragmento de su perfil.

La fig. 1605 es una sección horizontal á la altura de la línea *x y* de las figs. 1603 y 1604.

La guía de que se está tratando está indicada en las tres figuras, habiéndose representado en vez del pilote una tablaestaca.

Al encontrarse un pilote hundido de modo que su cabeza se encuentre al nivel de la solera del martinete, ya el mazo no puede ejercer presión alguna sobre él, y el único medio para introducirle más, si así conviene, consiste en colocar un falso pilote encima (fig. 1206) el cual se hincará como al anterior.

Estos falsos pilotes sirven, pues, para transmitir la percusión del mazo á los verdaderos pilotes, para lo cual se les ponen unas guías que resbalan por entre las gemelas; sus cabezas llevan unos anillos para que no se hiendan; en su punta inferior llevan una espiga de hierro, colocada en dirección del eje, la cual penetra en el centro de la cabeza del pilote para que no pueda desviarse durante la hinca.

A medida que se va introduciendo un pilote en el terreno, debe cambiarse la longitud del cable que sostiene el mazo y la de las cuerdas, puesto que los braceros no pueden darle más subida que la longitud del espacio que pueden recorrer sus manos.

Este movimiento se evalúa, en sentido vertical, de 1'50^{m} á 2 metros.

MARTINETES DE ESCAPE. Con el objeto de dar mayor altura de caída, se han ideado los martinetes llamados de escape, en los cuales el mazo sube á una altura mucho mayor que la resultante del movimiento de los brazos, desprendiéndose de la pieza que le sube, llamada *escape*, para caer sobre la cabeza del pilote, volviéndola á tomar después para caer nuevamente, y así siguiendo.

La fig. 1607 es el perfil de un martinete de escape.

La fig. 1608 es la elevación.

La fig. 1609 es la planta.

MARTINETE DE ESCAPE SIMPLE. Para mazos de pesos medios, se han ideado estos sistemas de martinetes de escape, más ó menos complicados, de los cuales bastará describir algunos cuyos mecanismos sean más sencillos.

El representado por las proyecciones verticales (figs. 1610 y 1611) y la sección horizontal (fig. 1612) según la línea *x y*, consta de un torno vertical *f* capaz para recibir el impulso de 6 ú 8 hombres, según el peso del mazo, cuyo esfuerzo se aplica á los brazos *r* adaptados á él. Por medio de un pasador de báscula *g* se hace mover uno de los dientes cilíndricos de la bobina *n*, al rededor de la cual se arrolla la cuerda *v*. Después de haber pasado esta cuerda por las dos poleas *m*, *m'*, suspende al garfio de la tenaza de escape *h* colocada en un sustentáculo *k*, cuyas tenazas toman entre sus dientes la anilla del mazo *t*, el cual se encuentra así subido por efecto del movimiento del torno *f*. Así que las tenazas llegan al punto más alto del martinete, sus brazos se introducen en el rectángulo de hierro *i*, que les obliga á cerrarse, con cuyo movimiento se abren los dientes de las tenazas dejando libre al mazo que cae entonces sobre la cabeza del pilote. En este instante el operario encargado de la palanca *g* la hace bajar, con lo cual separa el diente de la bobina *n*, que se encontraba retenida por el gancho de esta báscula; entonces las tenazas de escape hacen girar á dicha bobina *n* en sentido contrario á causa del peso de las tenazas, bajando hasta el mazo al cual toman de nuevo por la estructura angular de su aditamento. Por el movimiento del torno vuelve á subir nuevamente el peso, dejándole caer cuando se encuentra á lo alto del martinete, y se continúa de este modo hasta la hinca completa del pilote. Se comprende, pues, que, efectivamente, con este sistema hay menos pérdida de tiempo que en el martinete anterior.

La fig. 1613 representa separadamente la báscula *g*.

La fig. 1614 es la proyección de frente, de otra disposición de piezas de escape para un martinete que resbala entre dos gemelas, como el de las figs. 1607 y 1608.

MARTINETE DE ESCAPE DE HÉLICE. La fig. 1615 es el perfil, y la fig. 1616 la planta de un martinete en el cual los braceros encargados del torno no deben atender para nada al disparo.

La cuerda *v* que suspende el mazo se arrolla en una polea ó bobina *h* arrastrada por el árbol *f* que la atraviesa por medio de una clavija de hierro horizontal *x* (figs. 1617 y 1618) que encuentra á otra clavija vertical *y*, fija en el fondo de un registro practicado en la parte inferior de la bobina *h*. Esta bobina lleva en su cara inferior dos ruedecitas *m* que corren sobre dos rampas en espiral *k* que la hacen subir á lo largo del árbol *f*. La posición horizontal de la bobina se conserva por medio de un regrueso *b*, fijo en ella y por cuyo centro pasa el eje vertical *f*. Al hacer girar la bobina *h*, la cuerda *v* se va arrollando en ella y hace subir el mazo, obligada á subir ella también á lo largo del eje *f*, á causa de que sus ruedecitas van subiendo por las rampas en espiral *K*; entonces la clavija vertical *y* se encuentra más alta que la horizontal *x*, y como la bobina queda libre, cae el mazo sobre el pilote arras-

trando consigo á la cuerda, la cual se desarrolla de la bobina, haciéndola girar en sentido contrario y bajando con rapidez al pie de las rampas, en cuyo instante vuelve á principiar la operación de subida del mazo.

La altura de caída del mazo es constante, por ser igual á una vuelta de la bobina. Para que el mazo pueda golpear continuamente la cabeza de los pilotes, es preciso calcular la altura á que deba tener lugar el escape para una vuelta á medida que se va introduciendo el pilote; para lo cual las rampas se fijan sobre un plano provisto de dientes en su circunferencia, determinándose la posición de las rampas por medio de una clavija *z* colocada en uno de los dientes, dependiente de la altura de las gemelas que se desea hacer recorrer al mazo en su caída.

A pesar de lo ingenioso y sencillo de este mecanismo, su aplicación no es muy ventajosa.

Martinete inclinado. Se presentan á veces casos en que es necesario hincar pilotes inclinados, en particular para la construcción de las empalizadas de los puentes. Los ingleses les emplean en las cimentaciones para estribos de puentes, y quizás fuese conveniente emplearles para toda clase de cimentaciones, plantándoles en sentidos opuestos para que resistan á la propensión que tienen á inclinarse ó á curvarse por efecto de las cargas que deben soportar. La fig. 1619 representa una proyección vertical de un martinete inclinado visto de perfil.

El entramado principal de este martinete se compone de la pieza *c* de sostenimiento, del ensamble horizontal *h k*, en el cual *h* consta de dos gemelas que retienen á la pieza *k*, y se unen á las gemelas *a*. Igualmente la pieza *i* y las piezas *j* ensamblan á cepo con las gemelas, con el montante *l* la una y con la pieza *c* las otras; los dos tornapuntas *p q* son sencillos; la polea *m* está colocada de modo que la cuerda *n* á que van unidas las cuerdas de los braceros, cuelga en el centro del espacio ocupado por éstos.

Los dos cilindros ó ruedecitas *x* van unidas al mazo *d* por medio de dos dobles piezas de hierro, y cada cilindro lleva en el punto medio de su longitud un gran refuerzo ó guía colocado entre las gemelas *a*, el cual se introduce en un hueco del mazo para recibir á dicho refuerzo sin contacto alguno.

La fig. 1620 es una sección del mazo y las gemelas según la línea *z y*.

Las figs. 1621 y 1622 son dos proyecciones de uno de los cilindros.

La fig. 1623 es una sección por la línea *z' y'*, de las gemelas *a'*, de la tabla *t* y del travesaño ó asiento simple *i* que sirve para mantener la tabla ó pilote en su verdadera posición, para que su eje se encuentre siempre en la línea del centro de gravedad recorrido por el mazo.

Mazos de mano. Cuando las estacas que se trata de hincar en el terreno no son muy gruesas y por lo tanto no exigen la fuerza de un martinete, se las introduce por medio de un mazo como el representado por las figs. 1624 y 1625. Este mazo se utiliza en la posición que representa la figura 1624 ó en sentido contrario, según la altura de la estaca.

Las figs. 1626 y 1627 representan otra forma de mazo de mano, el cual se coge por los mangos colocados en sus extremos. Para guiarle se coloca una espiga de hierro en el centro del pilote que pasa por el centro del mazo (fig. 1628). Para las estacas más pequeñas aún, se emplea una maza de dos mangos, representada por las figs. 1627 y 1630.

ARRANQUE DE LOS PILOTES

Las figs. 1631 y 1632 son las proyecciones verticales de un martinete destinado al arranque de pilotes, cuya construccion es semejante al martinete á brazo, diferenciándose solamente en que lleva además una cabria *r*, una gemela *t* y dos travesaños *f*, que sostienen á dos poleas *m*.

Sea *p* el pilote que se trata de arrancar: primeramente se le atraviesa con una clavija ó pasador de hierro *n* que impide el resbalamiento de dos argollas ó amarras *u*, que pasan por los anillos de dos polispastos *q* ó *y*. A cada lado de los martinetes se coloca una cuerda floja sujeta al travesaño *t* para suspender de ellas otros dos polispastos que por medio de cuerdas se combinan con los de la parte inferior, yendo á parar á la cabria *r*. Se comprende que, debido al movimiento de esta cabria, se ejerce una gran atraccion del pilote el cual se auxilia dando con el mazo unos ligeros golpes á la cabeza del pilote, lo cual produce, por la tension de la cuerda, el efecto contrario á la hinca.

Si el pasador no es suficientemente sólido para proceder al arranque, debido á la resistencia que ofrezca el pilote, se empleará entonces la tenaza de anillo (figura 1633), representada abierta en la figura 1634, la cual cierra más cuanto mayor es la tension.

Lo mismo se verifica con la tenaza formada por dos medios anillos unidos por visagras (fig. 1635), y llevando cada una de ellas una uña en su parte superior, que se clava en la madera.

El mismo efecto se obtiene tambien con un simple anillo de hierro representado por las figuras 1636, 1637 y 1638, siendo entonces sus aristas interiores las que se clavan en el pilote y las únicas que trabajan.

Torno para el arranque de los pilotes. Si bien el aparato que se acaba de describir es de mucha utilidad, con todo, no siempre se está en disposicion de construirle, debido principalmente á la poca importancia del arranque que deba practicarse, en cuyo caso se emplean aparatos mucho más sencillos que prestan, sin embargo, muy buenos servicios.

La fig. 1639 representa un entramado compuesto de una pieza horizontal *m* apoyada en unos montantes muy sólidos, que tiene practicado en su centro un agujero de rosca atravesado por un tornillo *p*, en cuya cabeza lleva cuatro brazos para poder moverle. La parte inferior de este tornillo es cuadrada, terminando en un gancho *s* que coge los anillos de arranque, colocados en el pasador de la cabeza del pilote.

La estraccion se verifica por el movimiento del tornillo, cuyos apoyos se van calzando á medida que va faltando rosca hasta que se encuentre completamente desprendido el pilote del terreno.

Como el movimiento del tornillo puede ocasionar la deformacion y hasta la rotura de los anillos que cogen el pasador, es preferible emplear la disposicion representada por la fig. 1640 en la cual el tornillo *p* va subiendo sin girar, puesto que sólo se mueve la tuerca *o* que lleva los brazos. De este modo el travesaño *m* va subiendo verticalmente sin rotacion alguna, permaneciendo fijos los anillos *k*.

Palanca para el arranque de pilotes. Tambien se emplea y da muy buenos resultados para el arranque de pilotes, una gran palanca (fig. 1641) cuyo mecanismo es muy sencillo y de muy fácil manejo.

Siendo *t* el pilote que se deba arrancar, se atraviesa su cabeza con un pasador de hierro bien resistente colocado horizontalmente, tomado por dos eslabones unidos á la extremidad de la palanca.

Las figs. 1642 y 1643 representan dos

proyecciones verticales de estos eslabones.

Muy cerca del pilote se instalan dos maderos, colocados uno en cada lado, sobre los cuales descansa un prisma macizo de fundicion *i* que sirve de punto de apoyo de la palanca.

Por medio de una cabria *p* se hace subir la punta opuesta de la palanca, la cual al encontrarse á cierta altura, varios operarios cogen las cuerdas colocadas en esta punta tirando con fuerza de ella, con lo cual la estremidad correspondiente al pilote sube arrastrándole consigo. Para facilitar la fuerza de los hombres, pueden colocarse pesos en esta extremidad.

A medida que va subiendo el pilote, se va elevando más y más el punto de apoyo *i*, y con el fin de evitar cualquier accidente, se tiene sujeta siempre la palanca con la cuerda de la cabria, puesto que en un momento dado podria ceder el pilote con brusquedad.

Aserrado de las cabezas de los pilotes. Una vez colocados los pilotes, se ha de proceder á igualarlos todos, para lo cual deben aserrarse las cabezas de los que pasen de la altura del más bajo, dándose en la práctica 50 centímetros más de lo que se necesite para llegar al nivel del terreno; puesto que con el martilleo se deforman algun tanto las cabezas, es otro de los motivos que obligan á su aserrado, además de la imposibilidad material de poderles colocar en un mismo plano durante su hinca.

Cuando el aserrado se ejecuta al aire libre, es muy fácil igualarlos, empleando para ello un nivel cualquiera que sirve de guia para irlos señalando; pero cuando debe hacerse dentro del agua, entonces se emplean sierras que se manejan desde fuera, ó por medio de buzos, señalándoles antes por medio de una varilla con lo cual se marca la altura constante.

PILOTES DE ROSCA

Estos pilotes son exactamente iguales á los ya descritos, diferenciándose solamente en las puntas, puesto que, como no se introducen por percusion, están provistos de dos ó tres espinas salientes cuyas formas y tamaños dependen de la naturaleza del terreno.

Si éste no es muy resistente, las espinas pueden ser bastante planas; si es más duro, serán más inclinadas.

Para calcular estos pilotes, se debe principiar por calcular su diámetro, atendiendo á lo siguiente:

1.º La resistencia del terreno, que cuanto más duro sea, menor diámetro deberá darse al pilote, y cuanto más flojo mayor.

2.º Debe atenderse á las dificultades que presente la construccion.

3.º A la potencia necesaria para introducirlo.

Se han hecho pilotes de 20 y 25 centímetros de diámetro y hasta de un metro, segun los casos.

El cuerpo general de estos pilotes puede ser de hierro forjado, de hierro fundido ó de madera, y su punta debe ser siempre de hierro fundido.

Segun el material de que estén formados pueden hacerse huecos.

Las espinas de estos pilotes unas veces salen de las puntas mismas, dependiendo su forma de la clase de terreno en donde deban introducirse, y en cuanto á su vuelo, desde la superficie del cuerpo del pilote, nunca es menor del tercio del diámetro.

Hinca de los pilotes de rosca. Como estos pilotes no entran por presion, sino por torsion, no necesitan el empleo de martinetes, así pues para hincarles se coloca á cierta altura del pilote una especie

de corona de madera ó de hierro fundido, que, para que no resbale se le sujeta con cuña ó se hace de seccion cuadrada, practicando en la superficie cilíndrica exterior unas cajas para introducir palancas en ellas. Así dispuesto, cada operario coge una de estas palancas, y por rotacion va hincándose el pilote, cuidando de presentarle bien vertical.

Si no es posible practicar directamente la hinca, es decir, que deba operarse á cierta distancia del pilote, se le dispone del mismo modo haciendo pasar por todas las palancas, bien igualadas, una cuerda ó cadena que comunique con un torno colocado en tierra firme, que al dar movimiento á éste lo transmita á la corona de que está provisto el pilote.

Modo de calcular la resistencia de estos pilotes para conocer su número. Para conocer la superficie de espina que se necesita, debe conocerse el terreno en que deba hincarse, para lo cual se toma una barra de 3 á 4 centímetros de diámetro con fuertes espinas salientes, la cual se hinca en el terreno hasta encontrar el firme. En su extremo superior se le coloca un platito en donde se van colocando pesos hasta que se vea que el terreno empieza á hundirse; entonces se toma nota de los kilógramos que se hayan cargado, y relacionando la superficie de la espina con el peso, se tendrá la que debe darse al pilote.

Ventajas de los pilotes de rosca. 1.ª Economia y facilidad de ejecucion para ciertos usos.

2.ª Cuando deban apoyar construcciones que amenacen ruina, ofrecen la ventaja de que como se hincan sin percusion, no verifica la trepidacion propia de la hinca de los pilotes comunes, con los cuales se causaria mayor daño, al paso que los de rosca no dan sacudidas ni movimientos al terreno.

3.ª Auxilian mucho las operaciones, puesto que si bien son más caros, en cambio su hinca es más breve.

4.ª Ofrecen resistencia en dejarse arrancar, por cuyo motivo tienen buena aplicacion en los puertos, para amarrar embarcaciones y para establecer boyas.

5.ª Se emplean tambien para postes telegráficos en terrenos pantanosos, resistiendo muy bien á la tenacidad de los alambres.

ZAMPEADOS Ó EMPARRILLADOS

Otra de las operaciones propias de la cimentacion es el establecimiento de zampeados ó emparrillados, que sirven para nivelar la carga.

Ofrecen dos casos: 1.º cuando se establecen directamente sobre el terreno; 2.º cuando lo están sobre pilotaje.

Generalmente el zampeado consta de dos clases de piezas: unas en sentido transversal llamadas *marranos transversales* ó *traveseros*, y otras en sentido longitudinal, llamadas *marranos longitudinales* ó *largueros*.

En el caso de tenerse que instalar el zampeado directamente sobre el terreno, puede presentarse el caso de terreno poco compresible; entonces se le aplana bien apisonándolo convenientemente; se colocan los traveseros normales al eje de la cimentacion y á distancias iguales unos de otros, cuidando que todos sus puntos descansen bien sobre el terreno, rellenándose bien los espacios entre unos y otros con hormigon, que se aplana al nivel de todos ellos, y encima de todo se establece un tablado.

Si el terreno es algo compresible, se le aplana y pisona bien, colocando los traveseros como en el caso anterior, y encima de éstos los largueros de modo que muerdan un poco á aquéllos, rellenando los espacios con hormigon, y encima de todo

se coloca el tablonado, con todo lo cual se obtiene un zampeado mucho más sólido que el anterior.

Para establecerle sobre pilotes se clavan éstos hasta introducirles en el terreno firme, y encima se establece el zampeado con traveseros solos y luego con traveseros y largueros, procediéndose en todo como en el caso anterior.

Téngase en cuenta que los que deben apoyar sobre los pilotes deben ser siempre los traveseros, por varias causas: 1.ª porque siendo más cortos que los largueros es más fácil encontrar 3, 4 ó 5 pilotes bien alineados, puesto que los largueros necesitan mayor número para apoyarse; 2.ª las piezas de madera se unen á los pilotes á caja y espiga; y como es más fácil que la cimentacion haga movimiento en sentido transversal que no en sentido longitudinal, sucederia que en este sentido se romperian las espigas, lo cual no se verifica en sentido transversal.

Si no existen empujes transversales, no hay necesidad de hacer espigas en todos los pilotes, bastando hacer una que otra, con lo cual se consigue economia de trabajo y que no se debilite tanto la madera.

Cuando se teman presiones de abajo arriba, se hará la caja mayor en la parte de arriba, colocando dos cuñas que hagan el efecto de una cola de milano.

Si se temiesen presiones muy fuertes, entonces deben hacerse verdaderas colas de milano en la espiga, y la caja se labra de modo que pueda entrar aquélla de lado, cerrando luego el espacio hueco que queda.

Estas espigas se labran en la cabeza del pilote despues de hincado é igualado.

Muchas veces sucede que los pilotes sobre los que han de instalarse los traveseros no están en línea recta, en cuyo caso se trazarán las espigas del modo que se pueda, mientras ofrezcan solidez aunque no estén centradas; y si tanta es la desviacion, entonces puede suplirse con una pieza adicionada al pilote. De todos modos, lo mejor es siempre hincar los pilotes con mucho tiento al establecer el pilotaje, y lo que se acaba de decir se ejecuta tan sólo en los casos de mucha necesidad.

Todas las maderas de un emparrillado deben tener las mismas escuadrias, que acostumbra ser de 25 á 30 centímetros.

Las fig. 1644 y 1645 representan las proyecciones de un emparrillado formado por largueros y traveseros sobre pilotes, junto con la fábrica que sustentan.

El objeto de las espigas que se labran en los pilotes, es simplemente impedir que el emparrillado pueda resbalar y desviarse de su verdadera posicion, por lo cual basta darles de 2 á 3 centímetros de altura, puesto que, además, la presion ejercida por la obra basta para mantener su ensamble.

Los fondos de las entalladuras de todo el emparrillado deben encontrarse en un mismo plano á nivel, para lo cual se trazan con el cordel. Al colocar los traveseros deben corregirse los defectos que presenten sus ensambles con los largueros, quitando madera si pasan del nivel, ó rebajando menos la ocupacion de éstos si no alcanza, para no tener que emplear cuñas en ningun caso.

Para los zampeados ó emparrillados de madera hay tres clases de uniones:

1.ª Union de las piezas de contorno entre sí;

2.ª Union de los largueros y los traveseros con las piezas de contorno;

3.ª Union de los largueros con los traveseros, cuyas uniones acostumbran á hacerse á media madera.

En el caso que no se teman empujes laterales, los largueros pueden descansar sobre los traveseros sin necesidad de ensambladuras.

El tablonado se clava al emparrillado por medio de clavos ó bien con clavijas de madera dura, introducidas con fuerza

en agujeros hechos de antemano con el berbiquí.

Si se temen acciones de agua de abajo arriba, se refuerza el emparrillado con un relleno de madera y encima se pone un tablado impermeable cuyas tablas se achaflanan en sentido de su longitud, calafateándole luego como se hace en los buques.

Desde el terreno hasta el plano que recibe el tablado se rellena con hormigon, como ya se ha dicho, con lo cual se evita la flexion de las tablas.

Cimentacion del puente de Neuilly. El firme en donde está asentado el puente de Neuilly está compuesto simplemente de traveseros colocados bien á nivel que apoyan en las cabezas de pilotes hincados, formando filas perpendiculares al trazado del paramento de la fábrica. Los traveseros están ensamblados á caja y espiga en los pilotes.

Las figs. 1646 y 1647 representan dos proyecciones de la cimentacion de este puente.

Cimentacion de un muro de anden. Las figuras 1648 y 1649 representan el perfil por *n v* de la planta de un muro de anden construido en el interior del puerto de La Rochelle, durante la baja marea, cuyo muro consta simplemente de un tablonado que descansa en traveseros paralelos.

Doble emparrillado de madera. Este emparrillado se emplea siempre que se quiera prescindir del pilotaje, estando formado por un doble emparrillado dispuesto por hiladas de tablas horizontales, otras transversales, colocadas de dos en dos, y unido todo con tornillos, de lo cual resulta un macizo de mucha altura, cuya masa inflexible contribuye á la estabilidad de la obra.

Las figs. 1650 y 1651 representan las proyecciones de un sistema de doble emparrillado, compuesto de dos gruesos de largueros y dos gruesos de traveseros que se cruzan á ángulos rectos por capas alternadas, con cuya masa se disminuye la flexion.

Estos largueros y traveseros, de madera gruesa, ensamblan entre sí por medio de entalladuras recíprocas de 0'03^{m} de espesor, y van reforzadas con pernos resistentes en todos los puntos de cruce.

Una cimentacion de esta clase puede construirse del modo siguiente:

Se achica el emplazamiento construyéndose el doble emparrillado en él, sosteniéndole por medio de pié-derechos, para que los operarios puedan trabajar por debajo y colocar cómodamente los pernos. Una vez terminado y provisto de un tablonado formado por tablas espaciadas para poder sostener la fábrica que deba llenar sus espacios, se llena de agua el todo para que, flotando el doble emparrillado, puedan retirarse los pié-derechos que le sostienen; en este estado, se vuelve á achicar el agua y el emparrillado va bajando hasta el suelo, estableciéndosele con precision en la posicion que deba tener. Se rellenan todos los espacios con obra de fábrica hidráulica, colocando entre los largueros superiores vigas que las enrasen, con lo cual se forma un firme que pueda recibir la fábrica. Después de bien rellenados con obra de fábrica igualmente hidráulica los espacios entre las vigas y los traveseros, se clava el tablonado, y se procede entonces á la fabricacion de la obra.

Desmoche de los pilotes y cimentacion por medio de cajones. Cuando se trabaja dentro del agua, no pueden desmocharse ó igualarse los pilotes más que con la sierra mecánica; mas en este caso no es posible labrar las espigas, como cuando se trabaja en seco, de modo que se construyen los emparrillados aparte, llevándoles á flote al emplazamiento, en donde se les hunde cargándole con piedras y sujetando el emparrillado con dos pilotes por medio de clavijas de hierro verticales muy lar-

gas en sustitucion de las espigas. Los agujeros del emparrillado se hacen de antemano y las clavijas se clavan empleando una barra de hierro cuya punta inferior tiene la forma semiesférica cóncava en donde se alojan las puntas de aquéllas, y con un mazo se da en la otra extremidad de la barra, cuyo sistema se emplea cuando la altura del agua desde las cabezas de los pilotes no es mucha; mas si la capa de agua es muy importante, entonces se emplea el sistema de cajones.

El fondo de un cajon está formado por piezas de madera, ensambladas como las de un emparrillado, llevando además el tablonado, y las paredes deben estar bien ajustadas y calafateadas para que no penetre el agua.

Estos cajones se colocan en los sitios que deban ocupar, llenándoseles con el hormigon hidráulico necesario, el cual á medida que se va echando hace bajar el cajon, que una vez lleno se le quitan las paredes, quedando, por lo tanto, su fondo en la obra y constituyendo el emparrillado intermediario entre los pilotes y la fábrica.

El fondo de cada cajon debe construirse con todas las precauciones, debiéndose comprobar por todos los medios más factibles, para que las piezas que componen los ensambles correspondan exactamente con los pilotes; para lo cual debe formarse un plano general de los pilotes para proceder con exactitud.

La fig. 1652 es un perfil que representa el sistema de pilotes y de piezas ensambladas á cepo, empleadas en la cimentacion de un muro de anden, construido en 1784 en Ruan.

TABLESTACADO

El tablestacado está formado por estacas ó tablas gruesas, cuyas dimensiones acostumbran á tener de 8 á 10 centímetros de grueso por 20 á 25 centímetros de ancho con el largo que convenga á la construccion.

Su objeto es resguardar la cimentacion de las escavaciones y evitar que aun cuando socave la tierra, no produzca mella en la cimentacion.

Tambien tienen por objeto contener terrenos poco consistentes impidiendo que se derramen por efecto de la compresion de las construcciones que carguen sobre ellos, ó para contener las tierras que forman las paredes de las presas de agua.

Sea cual fuere el objeto que tenga su establecimiento, se las hinca del mismo modo y con las mismas condiciones que los pilotes.

Las figs. 1653, 1654 y 1655 son las secciones horizontales de tres filas de tablas, representando las juntas verticales de cada una de ellas. La fig. 1654 representa la junta de *simple refuerzo*, empleada en tablas delgadas; la de la fig. 1655, llamada de *ranura y refuerzo triangular*, se aplica á tablas de grueso medio; y la de la fig. 1656, llamada de *ranura y refuerzo*, se emplea en tablas gruesas.

La fig. 1656 representa la parte inferior de una fila de tablas en la cual se las ve por una de sus caras más anchas ó de paramentos. Las puntas de estas tablas pueden cortarse en formas distintas, bien sea afectando pirámides, como las de los pilotes, ó de punta de formon, cuyos planos correspondan al ancho de las tablas, como representa la fig. 1657; ó bien la forma de la fig. 1658; ó, en fin, la forma más generalmente adoptada de la figura 1656.

Todas estas disposiciones se dan á las puntas de las tablas con el objeto de facilitar su hinca; sin embargo, á pesar de ello, no siempre siguen las tablas la direccion debida para que se establezca una buena junta vertical; así es que hoy dia se

dejan las cuatro caras de las tablas completamente planas y rectas, puesto que la perfeccion de su forma contribuye mucho á la regularidad de su hinca.

Si el terreno en donde deban hincarse es muy duro, se cubren las puntas con planchas de hierro, haciéndolas de forma recta como las de los pilotes, sólo que en vez de ser un cono recto de base circular, se les da la de cono recto de base elíptica, cuyos ejes sean iguales á las dos dimensiones de la escuadria de las tablas.

En la cimentacion representada por las figuras 1648 y 1649, dos de las filas de tablas están hincadas en frente y detrás del zócalo del muro antes de establecer los traveseros y el tablonado. Esta disposicion exige que las tablas estén labradas al ancho necesario para el relleno entre os primeros pilotes hincados, en los cuaes se clavan las piezas horizontales por entre las que se pasan é hincan las tablas, por cuyo sistema se obtiene un tablestacado perfecto.

En la construccion representada por las figs. 1644 y 1645 están hincados dos pilotes exteriormente á la fila de tablas, los cuales están unidos por obra de fábrica que hace las veces de los largueros gemelos del caso anterior.

Tablestacados inclinados. Cuando el terreno de cimentacion es muy blando, se colocan (figs. 1650, 1651 y 1659) dos filas de tablas verticales *p*, *q*, en las cuales las juntas de una fila se cruzan con las tablas de la otra fila, colocándose luego otra fila de tablas inclinadas *r* formando un ángulo de unos 60° con el horizonte.

Cada tablestacado de éstos se introduce unos 8 metros en el terreno debajo del emparrillado, siendo su ancho de 0'50m, lo cual da una superficie de 4 metros. Para que la resistencia sea mayor, será preferible colocar el tablestacado inclinado entre dos filas de tablas verticales; mas en este caso la hinca es mucho más difícil, de modo que lo más fácil y mejor es hincar dos filas de tablas inclinadas en sentido contrario, y entre ellas una fila de tablas verticales hincadas antes.

CAPÍTULO XLV

CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS DE CARPINTERIA

Todas las operaciones de la cimentacion exigen dentro y fuera del agua el establecimiento de fondos, es decir, puntos fijos que se obtienen por medio de balsas flotantes de madera llamadas *almadias*, bien calculadas para que no se desequilibren y puedan recibir la carga de los materiales sin sumergirse.

Si no es posible emplear balsas flotantes, se establecen plataformas fijas, ó bien barcazas pareadas sobre las cuales van los andamios correderos.

En último caso, se emplean los andamios fijos sobre pilotes provisionales.

Otra de las operaciones preliminares de la cimentacion es el establecimiento de las llamadas *ataguias*.

Estas no son más que unos compuestos de tablas y estacas de madera formando un recinto que aisla el agua interior de la exterior.

Hay dos clases de ataguias: las de *recinto* ó *circunvalacion* y las de *fondo*.

Ataguias de recinto. Las ataguias de recinto consisten en paramentos impermeables que aislan completamente el recinto en donde debe trabajarse.

Su forma depende de la que se ha de ejecutar, de modo que si la cimentacion es rectangular, la ataguia debe serlo igualmente.

En cuanto á sus dimensiones, si se ponen distantes de la construccion, se tiene el inconveniente de tener que trabajar una gran base, y por lo tanto será más costosa, aparte de que, como obra provisional, conviene darle dimensiones reducidas.

Otro inconveniente es que su resistencia no será la misma que si fuese pequeña, y como su solidez depende de su trabazon, cuanto más próxima esté á la obra será más sólida. Además, como presenta más superficie de obstáculo al agua, ésta ejercerá más presion y tratará de pasar con más fuerza por sus juntas.

Cuanto mayor sea el paramento mayor será tambien la cantidad de madera que

deberá emplearse, de modo que habrá más juntas y por lo tanto más medios para que pase el agua.

Tampoco es conveniente que casi toquen á la construccion, porque, no teniendo entonces los operarios suficiente espacio para trabajar, tendrán que hacerlo colocándose sobre el mismo hormigon que construyen, al cual indefectiblemente desequilibrarán; así pues, debe dejarse como un callejon entre la ataguia y la obra para poder trabajar libremente sin perjudicarla, dándole un ancho de un metro á 1'50m.

En cuanto á la manera de estar formadas las ataguias, pueden ser de seis clases:

1.ª Ataguias de tierra perdida;
2.ª Ataguias de simple pared;
3.ª Ataguias de doble pared;
4.ª Ataguias formadas con estacas puestas al tope;
5.ª Ataguias formadas por una tela tendida sobre el pilote;
6.ª Ataguias de armazones movibles.

Ataguias de tierra perdida. En la formacion de estas ataguias no entra para nada la madera, de modo que se establecen terraplenes dentro del agua, cuyos taludes tengan la inclinacion natural, dándoles la forma de trapecio.

Si la corriente es algo fuerte, se aumenta la inclinacion del talud en la proporcion de 3 de base por 2 de altura, correspondiente á un ángulo de 35°; mas, si tan fuerte fuese la corriente, entonces se revisten los taludes poniendo faginas retenidas por estacas ó bien enrocado.

La altura de las ataguias en rios y rieras debe alcanzar á las mayores avenidas.

El espesor de las ataguias debe ser igual á su altura y los taludes, de tierra perdida, que son los que dan mayor base.

La naturaleza de la tierra influye mucho en el espesor y talud de la ataguia, pues, cuanto más buena sea menor talud debe dársele.

Son buenas estas ataguias cuando el agua tiene un nivel constante y el fondo impermeable.

A pesar de que el terreno sea bueno, se le debe dragar antes para quitar la parte limosa.

Ataguias de simple pared. En la formacion de estas ataguias se construye un talud formando como una pared de madera, que consta de una série de pilotes colocados de distancia en distancia, á los cuales se sobreponen horizontalmente séries de tablones, y sobre éstos otros verticales intercalados con los pilotes, formando luego el terraplen.

La union de las tablas con los pilotes puede hacerse de dos maneras: por sobreposicion de las puntas de las tablas, tanto si los pilotes son redondos como de seccion cuadrada, ó por tope de los extremos de las tablas, tapando la junta con otra tabla.

Tambien se han dispuesto ataguias de simple pared, poniendo dos hiladas de tablones inclinados, detrás de los cuales se colocan otros tablones formando ángulo recto con los anteriores, apoyándoles, y sobre la doble hilada se forma el terraplen.

La disposicion de estas tablas es á juntas encontradas de una hilada con relacion á la otra.

Ataguias de doble pared. Estas ataguias se construyen como las de simple pared, sólo que en vez de un tablestacado se forman dos, rellenándose de tierra el espacio entre paredes. Encima se colocan unos durmientes que sujetan estas paredes para que no se abran.

El espesor de las ataguias, en el caso de pasar de 3 metros de altura, se calcula por la fórmula:

$$E=3\times 0'32\,n$$

en la cual n, representa el esceso de 3 metros; de modo que si se supone una altura de 5 metros, el espesor de la ataguia será:

$$E=3\times0'32\times2=3'64^{m}$$

Si los espesores tuviesen que ser muy considerables en atencion á la gran altura que debiera darse á la ataguia, en este caso se pondrán puntales.

Como la presion ejercida por el agua es siempre mayor arriba que abajo, se disponen á veces las ataguias en forma escalonada, es decir, que los durmientes de un tramo ensamblan con las estacas del tramo mayor siguiente.

ATAGUIAS FORMADAS CON ESTACAS PUESTAS AL TOPE. Estas estacas se unen por medio de una media caña saliente á lo largo de su grueso, que encaje en otra media caña hueca de la estaca contigua, cuyo conjunto forma una pared que impide el paso del agua.

De distancia en distancia se ponen tornapuntas para contrarestar la presion del agua.

ATAGUIAS FORMADAS POR UNA TELA TENDIDA SOBRE PILOTES. Para formar estas ataguias, se instalan pilotes de distancia en distancia, clavando en ellos tablas horizontales á junta plana, y por la parte exterior se tiende una tela de cáñamo bien fuerte á la altura de $1'40^{m}$ del agua.

ATAGUIAS DE ARMAZONES MOVIBLES. Estas ataguias se construyen colocando durmientes horizontales con una ranura longitudinal, en donde encajan una série de tablones unidos al tope por medias cañas salientes que se introducen en otras huecas del tablon contiguo.

Estas ataguias se hacen á veces de doble fondo ó de doble pared, llenándose el espacio entre ellas con tierra, piedras, etc., que les da mayor estabilidad.

ATAGUIAS DE FONDO. Las ataguias de fondo se emplean cuando el terreno es permeable, en donde es preciso atajar la corriente interior.

Hay muchas maneras de construir ataguias de fondo, y una de ellas es ir echando tierra arcillosa, cuidando de dragar antes el fondo. A esta capa de tierra arcillosa se le da un espesor de 30 á 40 centímetros, se la apisona bien y encima se ponen tablas puestas al tope, con lo cual se ataja bastante bien el agua.

Estas ataguias se emplean en corrientes de poca importancia; puesto que si éstas son considerables, debe emplearse el hormigon, en cuyo caso se draga el fondo, estableciendo luego un tablestacado vertical que circuya todo el recinto; luego se van depositando capas de hormigon en el fondo, que, al alcanzar cierta altura, se forma encima otro estacado interior que se une al primero por medio de durmientes, llenándose luego los espacios entre ambos con hormigon, y por fin se procede á quitar el agua del interior.

Estas ataguias, que afectan la forma de U, se dejan generalmente en la obra, de modo que puede contarse tambien con la resistencia que ofrezcan.

Para calcular su espesor supóngase que:

h sea la altura del agua,

p el peso de un metro cúbico de agua,

q el peso de un metro cúbico de hormigon,

e el espesor del hormigon de la base, con lo cual se tendrá:

$$e\,q=\text{resistencia de la base}=h\times p$$

de donde

$$e=\frac{h\times p}{q}$$

Es indispensable que estas ataguias se establezcan sobre terreno natural ó bien sobre zampeado, pero nunca sobre pilotes.

La fig. 1660 representa el detalle de construccion de una ataguia que forma parte de un muro de cerca rectangular para agotamiento, tal como se estableceria para la construccion de un estribo de puente.

Si la altura de la ataguia es considerable, se le colocan tornapuntas ó apoyos inclinados, como representa la fig. 1661.

ANDENES DE CARPINTERÍA. La fig. 1662 es la seccion de un anden ó muelle de carpinteria, por un plano vertical perpendicular á su direccion. Esta seccion presenta la composicion de uno de los tantos cuchillos que sostienen el revestimiento de madera que forma el paramento de este muelle. Este cuchillo ó entramado está compuesto de varios pilotes *a*, *b*, *c*, ligados por una pieza horizontal *d* y otra pieza inclinada *e*, á dos pilotes *p' q'*, y á una pieza de refuerzo *r*; de este modo las piezas horizontales sólo ligan á los pilotes de paramento de dos en dos, y todos ellos lo están sobre el paramento por hiladas de piezas de refuerzo *f*, ensambladas por entalladuras recíprocas no muy profundas y retenidas por abrazaderas de hierro con tuercas.

Si estas construcciones deben recibir el choque de las olas, es indispensable colocar los refuerzos, así como la pieza horizontal superior, detrás de los pilotes, en cuyo caso sustituyen á los tablones con el fin de evitar su deterioro por el choque del agua. Si las olas se mueven en sentido longitudinal al muelle, los pilotes se colocarán al topo ó se les revestirá debidamente para evitar los choques.

A la derecha de esta figura se representa la elevacion de una parte del revestimiento de este muelle, y en la fig. 1663, la proyeccion horizontal del entramado de las piezas *e*, *d*, con los pilotes *p*, *q* y las piezas de refuerzo *r*. Los tablones de revestimiento están colocados de canto y horizontalmente, unidos á los pilotes, tanto para sostener el terraplen B construido sobre el terreno natural C, casi siempre muy malo, como para impedir que el agua penetre en él. Detrás del tablonado *y* se coloca un grueso de tierra arcillosa P que coja toda la altura del muelle y que descanse sobre un lecho de faginas, con lo cual se consolida el fondo, si no es suficientemente sólido para soportar su peso.

ENROCADOS Ó ESCOLLERAS ORDINARIAS. El enrocado ó escollera es otra de las operaciones importantes de la cimentacion, y se refiere al caso de terreno malo á profundidad indefinida.

La formacion del enrocado es muy sencilla y tiene dos objetos: 1.° dar base á una fábrica; 2.° defender un muelle ú otra construccion, ó servir de resguardo á una ensenada ó puerto para proteger embarcaciones.

El enrocado de carpinteria se establece sobre pilotes que aseguran su estabilidad, componiéndose de piezas muy resistentes de madera, cuya combinacion tiene por objeto dar una resistencia á toda prueba contra los empujes del mar.

Casi todas las escolleras de madera construidas hasta hoy dia tienen la misma estructura, representada por las figs. 1664 y 1665.

Su sistema de construccion es muy sencillo, constando de entramados paralelos, espaciados de unos 2 metros de eje á eje, compuestos de traveseros horizontales *b*, *d*, *h*, cuyas extremidades están retenidas por gemelas inclinadas *a*, *e*, y por gemelas verticales *f* en su centro, las cuales, en algunos casos, se cubren con pilotes. Los traveseros se combinan con cruces de san Andrés y tornapuntas; y como las maderas tienen mucha escuadria y acostumbran á ser muy cortas, resultan ensambles de una solidez extraordinaria. El relleno de los paramentos entre las gemelas se hace con tablones puestos en direccion de la línea de pendiente del tablado, cuyas posiciones se consolidan por medio de piezas de refuerzo colocadas encima, retenidas con pernos en las gemelas inclinadas.

El interior del enrocado se rellena con piedras en seco bien colocadas para que no puedan hacer ningun movimiento debido á los empujes del agua que penetra en su interior.

DIQUE DE M. CESSART. La fig. 1666 es el perfil de un enrocado de carpinteria

que se construyó en Dieppe para los trabajos del puerto.

En esta construccion, M. de Cessart prescindió de la ley de Belidor, segun la cual la base de las escolleras debe ser los tres séptimos de su altura, como en la fig. 1664; por lo tanto, M. de Cessart ha dado al talud una inclinacion mucho más suave: su base es casi igual á la altura del enrocado, con lo cual se consigue ofrecer menos resistencia á las olas.

Dique cóncavo. La fig. 1667 es el perfil del dique ó escollera cóncavo, cuya forma es la más á propósito para destruir el choque de las olas.

Un caso práctico de esta forma se encuentra en la línea del litoral del ferrocarril de Barcelona á Villanueva, en la montaña de Monjuich, que está dando muy buenos resultados, siendo de una solidez extraordinaria, puesto que, como obra definitiva, se le ha construido de mampostería.

Compuertas. Sea cual fuere el objeto de una esclusa, está cerrada siempre por compuertas ó por verdaderas puertas. La compuerta consiste en un tabique formado por una sola ó por varias piezas de madera, que se mueven sobre ejes verticales, colocados generalmente en los lados de los pasos que deben cerrarse. Estas puertas se mueven como las de dos batientes de las habitaciones, con la sola diferencia que, en vez de encontrarse en la misma direccion una vez cerradas, forman un ángulo saliente contrario á la corriente, y por lo mismo dan mejor cierre, debido á la misma presion del agua.

La fig. 1668 es la planta de la parte de un canal cuya corriente lleva la direccion de la flecha.

a es la parte más elevada del canal;

c es la parte más baja;

b es el paso de una á otra esclusa ó compuerta.

Las compuertas están colocadas en *m d n*, *m' d' n'*, formando en *d* y *d*, el ángulo saliente llamado *quilla*. Las partes *m p*, *n q*, *m' p'*, *n' q'*, son las palancas por medio de las cuales se hacen girar las puertas sobre sus ejes cuando deba abrirse ó cerrarse el paso.

Tambien pueden comunicarse las partes exteriores de las esclusas con el espacio central por medio de pequeñas compuertas practidas en los vanos de las puertas, ó bien por medio de pequeños conductos practicados en las paredes laterales, que se cierran por compuertas manejadas desde fuera.

La fig. 1669 representa un tipo de puerta de esclusa vista por su cara interior.

Cada puerta se compone de un montante giratorio *a*, de un montante *batiente b* y de cierto número de traveseros horizontales *c* ensamblados á caja y espiga con los primeros. Estos ensambles se consolidan con tornapuntas *d*, inclinados á 45°, para que se conserve la forma rectangular de la puerta, que se perderia por su gran peso, en atencion á que carga con gran fuerza sobre sus ensambles por efecto de la longitud de palanca desde su centro de gravedad hasta el montante giratorio.

La puerta está forrada con tablones *e* de un decímetro de grueso, inclinados á 45° y en direccion de los tornapuntas *d*. La pieza horizontal *f* se llama *palanca* ó *flecha* sirviendo de contrapeso á la puerta y de brazo de movimiento. Los ensambles de los traveseros y de la palanca se consolidan con abrazaderas de hierro.

Para la comunicacion del agua se practica en uno de los ángulos inferiores de la puerta una compuerta pequeña *h* limitada por el montante batiente y el pequeño montante *g*, los cuales tienen practicada una colisa por donde resbala aquélla. El movimiento de esta compuerta está limitado por el travesaño inferior *c* y el segundo travesero, y se la puede subir y bajar por medio de una cremallera de hierro *i*, fijo en ella, y que engrana con un piñon

igualmente de hierro provisto de un manubrio.

La fig. 1670 es una seccion horizontal de esta puerta, segun la línea *x y*.

Las figs. 1671 y 1672 son los dibujos de dos compuertas de dimensiones distintas, que sólo se diferencian de la anterior en el menor peso, debido á haberse reducido el número de tornapuntas por no ser necesarios tantos á su solidez. Con este objeto se ha formado como un tornapuntas único, puesto que todos ellos se corresponden en línea recta transmitiéndose unos á otros las cargas que deban soportar, las cuales van á parar al pié del montante giratorio que es el verdadero punto de resistencia; pero, como por más cuidado que se ponga en la construccion de los ensambles, las fibras de la madera oprimidas lateralmente ceden siempre á las presiones ejercidas por las maderas verticales, para que el montante batiente no pueda debilitarse, se colocan unos tirantes de hierro que formen cruz con el tornapuntas general, que unen el pié de este montante con la punta superior del giratorio.

La fig. 1673 es una seccion horizontal de la fig. 1672 por la línea *x y*.

Los piés de los montantes giratorios de las puertas de esclusa llevan una especie de zapato ó crepudina saliente que se introduce en otro hueco, entregada con mezcla en el asiento de la puerta. Generalmente á las superficies de contacto de las crepudinas se les da la forma esférica. A estas piezas se las construye de hierro fundido, pero las mejores son las de bronce, compuesto de once partes de cobre rojo por una de estaño fino.

En las puertas de esclusa que se construian antiguamente, la parte superior del montante giratorio se apoyaba en una especie de argolla de hierro, pero esta disposicion tiene el inconveniente de deteriorar pronto el montante, por lo cual es preferible colocar en el eje de este montante un cilindro de hierro que pase por el ojo de una pieza entregada en la obra.

Combinacion de la madera y del hierro en las puertas de esclusa. Una de las combinaciones más bien entendidas de estos dos materiales es la que se encuentra en las esclusas de la navegacion del Sena en el puerto Marly, en las cuales sólo los montantes batientes y los traveseros son de madera; los montantes giratorios son de hierro fundido huecos, de las mismas dimensiones que si fuesen de madera. Los ensambles de los traveseros en los montantes no son á caja y espiga sino á junta plana, estando retenidos por medio de escuadras de fundicion colocadas en el espesor de la puerta en las caras de las piezas de madera, por medio de pernos. Los tornapuntas son de fundicion. Las únicas piezas de hierro maleable son los tirantes diagonales que unen los piés de los montantes giratorios con las puntas de dos batientes. El resto es de plancha de hierro gruesa.

Estas nuevas puertas, además de ser muy sólidas y quizás más económicas que las de madera, tienen la ventaja de poderse separar fácilmente siempre que ocurra tener que cambiar alguna pieza de madera.

Quilla de compuerta. La fábrica de las paredes de las esclusas presenta ranuras en las cuales apoyan los montantes giratorios cuando están cerradas las puertas; y como estos montantes ajustan entonces muy bien, no puede escapar el agua retenida por ellas, á lo menos será en muy poca cantidad. Igual se verifica con las juntas formadas por el contacto de los montantes de quilla, por ser el cierre más perfecto aun si cabe. Para que en la parte baja de las puertas suceda lo mismo, puesto que no es posible puedan tocar al fondo del canal, es indispensable establecer tambien una ranura sobre la cual se aplican los travesaños inferiores de las puertas, debiendo ser el contacto perfec-

to en este punto, por ser tambien allí en donde la presion del agua es mayor. Hoy dia estas ranuras se construyen de fábrica por serlo tambien los fondos del radio de accion de las esclusas, lo cual no impide, sin embargo, que se pongan tambien piezas de madera para que el contacto sea más perfecto.

Las figs. 1674 y 1675 representan la planta y la seccion por *t v* del ensamble llamado quilla, en el cual se establece esta ranura.

Las partes *m* representan la proyeccion horizontal de las paredes de obra de fábrica, correspondientes á dos batientes de puerta, bien sea aguas arriba ó aguas abajo de un compartimento, de esclusa.

La pieza *a* es el asiento labrado en la obra, en el cual están incrustadas las crepudinas huecas *k* que reciben á las de los montantes giratorios; *b* es el pendolon horizontal; *c* son las quillas, las cuales tienen practicados unos rebajos dobles en sus bordes, para recibir los gruesos de los tablados de los zampeados, tal como representa la fig. 1675; de modo que el tablado *o*, correspondiente al interior del compartimiento entre las puertas, está más bajo que el tablado *n*, que se encuentra al nivel de los zampeados interiores y exteriores á la esclusa, y la diferencia de nivel es precisamente la altura del rebajo formado por el relieve de la quilla, el cual presta apoyo á las puertas.

Se han construido tambien paredes de esclusas de carpintería, pero ya no están en uso; por lo tanto no se describirán, bastando decir que se asemejan mucho á los entramados para muelles, ya descritos.

CAPITULO XLVI

OBRAS DE CARPINTERIA PARA TRABAJOS SUBTERRÁNEOS

Sucede á veces que las pendientes que deben formar los caminos ó carreteras, ó bien los circuitos del trazado del canal, ocasionarian gastos de construccion más considerables que el paso directo á través de una montaña ó de un collado que se trate de franquear, de modo que es preferible establecer un tunel, cuyas paredes se sostienen por medio de una bóveda de fábrica ó de roca viva natural.

La superficie que el tunel y su bóveda deban ocupar puede desmontarse de tres modos: puede practicarse una trinchera dando el talud suficiente á las paredes para que las tierras se sostengan por sí solas; puede tambien ejecutarse la trinchera entre dos paredes verticales sostenidas por estacas ó puntales; en ambos casos se terraplena la escavacion después de ejecutado el tunel. En fin, puede ejecutarse un desmonte subterráneo de dimension suficiente para el establecimiento del tunel y de su bóveda.

El orígen de los trabajos subterráneos remonta á los tiempos más antiguos; tanto es así, que varios pasajes del historiador José prueban que los orientales y los judíos los emplearon. Los griegos y los romanos empleaban las minas en las poblaciones que sitiaban.

Los trabajos de los mineros son los que han servido de guia en los trabajos de las aberturas subterráneas; por lo tanto, se principiará por dar una breve reseña de los procedimientos seguidos en las minas que requieren el concurso de la carpinteria.

MINAS

Los canteros, los mineros empleados para el arranque de la hulla y explotacion de las minas metalúrgicas y los mineros militares, han sido hasta el dia los únicos que han explotado el arte de establecer galerias subterráneas para poder ejecutar sus trabajos.

El sinnúmero de percances acaecidos

en la abertura de tuneles y minas prueban la utilidad del conocimiento del arte del minero relativo á la carpinteria, con relacion á los procedimientos para el perforado de los pozos y abertura de galerias y tuneles.

Para que toda galeria que se trate de establecer alcance el nivel necesario, es indispensable formar pozos de paredes verticales, principiando por labrar un marco de madera cuyos ángulos están ensamblados á media madera, el cual se coloca sobre el suelo que deba perforarse, manteniéndole sólidamente con estacas; entonces es cuando se principia á quitar la tierra comprendida en el perímetro exterior de este marco (fig. 1676), profundizando por paramentos verticales de un metro, si la consistencia de las tierras lo permite, y á menos profundidad si el terreno es malo. En el fondo de esta excavacion, que debe estar bien nivelada, se coloca un segundo cuadro (fig. 1677), cuyos ángulos están ensamblados por entalladuras reforzadas con clavos, cuyo cuadro, así como tambien todos los demás que se vayan colocando á medida que va adelantando el desmonte, debe establecerse con mucha precision; de modo que sus lados correspondan verticalmente debajo de los del cuadro exterior. Entre los paramentos de estos dos cuadros y los de la excavacion, se colocan tablas verticales al tope, cuya longitud sea exactamente igual á la profundidad del desmonte, comprendiendo el grueso de dichos cuadros.

Estas tablas se clavan á los lados exteriores del primer cuadro y los interiores del segundo cuadro, dejando en éste el grueso de una tabla, que se sustituye provisionalmente con cuñas hasta la colocacion de las tablas de revestimiento del segundo al tercer cuadro, y así siguiendo.

El segundo cuadro se sostiene por medio de cuatro pernos de madera *m*, cuyas puntas van clavadas en los ángulos interiores del mismo, yendo á parar á los del primer cuadro.

Hecho esto, se continúa el desmonte, dándole la misma profundidad que al primero, y colocando en su base bien nivelada un tercer cuadro, procediéndose luego al revestimiento interior en la misma forma que antes.

La fig. 1678 representa la seccion vertical de un pozo, segun la línea *m n*.

Se ve pues que, por este método se pueden alcanzar profundidades muy notables, sin que pueda temerse ningun desprendimiento de tierras.

La construccion de las galerias se ejecuta por un procedimiento semejante, con la sola diferencia, que en vez de ser verticales como en los pozos, en éstas el perforado es horizontal ó inclinado, si así conviene, sucediendo la inversa tambien con relacion á los cuadros; es decir, que así como en los pozos se les coloca horizontales, en las galerias se establecen verticales ó inclinados, siendo siempre perpendicular su plano al eje de la galeria.

En cuanto á las tablas, se las coloca horizontalmente y de canto en las paredes de la galeria, y horizontalmente y de plano en el techo.

Si una galeria debe ser en pendiente, se emplea el nivel de pendientes con el cual se precisa la posicion de los traveseros inferiores de los cuadros.

La fig. 1679 es la seccion longitudinal de una galeria cubierta con madera, y la fig. 1685 su seccion transversal, cuyas dos secciones están hechas por planos verticales.

En estas secciones se distinguen los cuadros formados por un montante *a*, un travesero superior *b* y un travesero inferior ó durmiente *c*, cuyas piezas están ensambladas por simples entalladuras, por tenérseles que montar por piezas en la obra. En cada cuadro se coloca primeramente el durmiente bien á nivel, per-

pendicularmente al eje de la galeria y cuyo centro coincida bien con éste.

El revestimiento está formado por tablas *d*, y los cuadros se mantienen verticales por medio de las piezas *f*.

Procedimientos empleados en la explotacion de minas. El trabajo del minero propiamente dicho difiere muy poco del que se acaba de describir, variando tan sólo la escuadria de las maderas que se empleen, que debe ser mayor por tratarse de trabajos largos, y en que no se las labra para economizar material y tiempo.

En la fig. 1680 está representada la seccion vertical de un pozo, para que se vea el maderámen tal como se aprovecha en terreno malo.

Las figs. 1681 y 1682 son los perfiles de dos galerias: en la una, las paredes están formadas por tablas; la distancia de los marcos depende de la naturaleza del terreno, que cuanto más sólido sea mayor será aquélla.

La fig. 1683 representa el perfil de una galeria con techo para la retencion de las tierras provenientes del desmonte.

APOYOS SUBTERRÁNEOS

Abertura del canal de Borgoña. La figura 1684 es una seccion vertical del túnel, de 4,000 metros de longitud, abierto en Pouilly para el paso del canal de Borgoña.

Como el terreno calcáreo de este subsuelo ofrecia poca solidez, tuvo que acudirse á medios especiales para ejecutar estos trabajos, debido en gran parte tambien á su extremada amplitud.

Se principió por trazar sobre el terreno dos líneas límites del ancho, practicando un cierto número de pozos cuya profundidad alcanzase el nivel de fondo del túnel, procediéndose luego á abrir sus dos extremidades en la forma indicada en A y B.

Por medio de pozos tambien se estableció una tercera galeria C, hasta el vértice del desmonte.

La tenacidad de la masa calcárea permitió la estabilidad de estas galerias, sin necesidad de apearlas, y el poder construir los muros laterales, que forman los estribos de la bóveda, apoyándoles en el macizo calcáreo conservado entre las dos galerias.

Este mismo macizo sirvió tambien para apoyar los apeos verticales destinados á sostener la parte superior ó techo del desmonte, mientras se procedia á la estraccion de la masa calcárea comprendida entre las dos galerias laterales y la galeria superior. Estos desmontes se ejecutaron por partes, que se abovedaban á medida que adelantaban los trabajos.

Concluido un desmonte, se colocaban las cimbras, apoyando tornapuntas en ellas para el sostenimiento del techo de la galeria, y se procedia luego á la construccion de la bóveda y su relleno.

Abertura del túnel de la Medway. La figura 1577 es el perfil del desmonte subterráneo para el túnel del canal de la Medway, en Inglaterra, cuyo trabajo se ejecutó del mismo modo que el anterior, es decir, que se conservaron dos macizos para apoyo del techo, colocándose luego las cimbras para la construccion de la bóveda.

CAPÍTULO XLVII

PUENTES FIJOS

Un puente es una construccion que tiene por objeto establecer una comunicacion directa y fácil entre dos puntos separados que no pueden franquearse fácilmente; tales como zanjas, barrancos, pantanos, rios, etc.

El puente más sencillo que se conoce consta de una simple tabla ó tablon ó viga, segun la distancia que deba franquear, y de una, dos ó más piezas contiguas, segun deba permitir el paso de una ó más personas que se crucen; si bien en este caso es preferible poner un larguero en cada lado para sostener un tablonado transversal clavado en ellos. Si no bastan aun éstos, por la mucha amplitud del paso, es decir, que no basten los puntos de apoyo extremos, se añadirán más largueros que descansarán en apoyos intermedios que, si están formados por estacas, reciben el nombre de *palizadas*.

Al irse perfeccionando el arte de la carpinteria, se ha tratado de evitar los obstáculos que estas palizadas presentaban á las corrientes, bien sea disminuyendo su número y combinando las piezas de madera de modo que se sostengan mútuamente entre los puntos de apoyo que ofrezcan las orillas, ó bien empleando palizadas cuya forma presente el menor obstáculo posible.

El sistema de construccion de los puentes tiene mucha semejanza con el de los cuchillos de las cubiertas, diferenciándose únicamente en la aplicacion que se hace de ellos, y en que, así como en éstos los tablados son inclinados, en aquéllos son horizontales ó con una pendiente insignificante segun los casos.

Los puentes de madera pueden clasificarse en varias categorias, segun los sistemas de su construccion:

1.ª Puentes sobre largueros simples;

2.ª Puentes sobre largueros con tornapuntas y cruceros;

3.ª Puentes sobre largueros con armaduras;

4.ª Puentes con armaduras y tornapuntas ó cadenas;

5.ª Puentes con armaduras y cruz de san Andrés;

6.ª Puentes sostenidos por vigas arqueadas;

7.ª Puentes apoyados en arcos.

Con relacion á sus apoyos ó estribos, los puentes pueden apoyar en palizadas de madera ó en estribos de fábrica, y con relacion á la influencia de sus direcciones debida á las varias combinaciones y ensambles de madera que les constituyen, pueden ser rectos ó en esviaje, segun sea recta ú oblicua la direccion de los caminos que deban unirse.

De todos modos, son varias las circunstancias que pueden modificar la naturaleza de la superficie del piso del puente, la cual, pudiéndose empedrar, engravar ó enmaderar, segun el material que se emplee, permitirá modificar los detalles de su construccion.

Además de su objeto, de su resistencia y de la carga y empujes de los objetos que deban soportar, los puentes están sujetos á ciertas condiciones dependientes de las circunstancias locales de sus posiciones.

Así pues, deben ocupar el menor espacio posible del lecho de los rios navegables. Si éstos son susceptibles de grandes crecidas, las maderas que forman sus tramos deben dar libre paso á las aguas en estas épocas excepcionales. En general, estos tramos deben construirse bastante elevados, para que no alcanzándoles las aguas, no los destruyan; en los rios en donde el agua se hiele, los estribos de los puentes deben ser muy sólidos para que resistan el deshielo, ó bien se les preserva de los choques de los témpanos por medio de construcciones auxiliares.

PUENTES SOBRE LARGUEROS APOYADOS EN MACHONES Y PALIZADAS

PUENTE DE SUBLICIUS. Este puente, que es uno de los más antiguos de Roma, se construyó, segun dice Dionisio de Halicarnase, por los primeros jefes de la religion, á causa de la necesidad que tenian de ir á ejercer su ministerio á ambos lados del Tíber, por lo cual se les llamó *pontífices*, esto es, *hacedores de puentes*.

Las figs. 1686 y 1687 representan la proyeccion vertical y una seccion de este puente, cuya sencillez y solidez están bien demostradas; con todo, hubiera podido ser más sólido aun añadiéndole algunas piezas inclinadas como las representadas por líneas de puntos, con lo cual se podria impedir cualquier movimiento en sentido del eje del rio, como se ve en la fig. 1692; sólo que en ésta constan de gemelas, mientras que en la fig. 1687 están comprendidas entre los pie-derechos.

PUENTE DE CÉSAR SOBRE EL RHIN. La figura 1688 es una perpendicular al eje del puente.

La fig. 1689 es la planta de una palizada.

La fig. 1690 es la proyeccion de esta palizada por un plano vertical paralelo á la longitud del puente.

Este puente lo hizo construir Julio César 55 años antes de J. C., con el fin de atravesar el Rhin para ir á atacar á los germanos, habiéndose empleado diez dias en su construccion.

En estas figuras se ha representado un paso formado por tablas clavadas sobre largueros; mas, segun los *Comentarios*, de César, en los cuales se encuentra la descripcion muy clara y detallada de este puente, da á comprender que estaba compuesto por un lecho de faginas, colocadas sobre los largueros, en la misma forma que si hubiesen sido tablas.

Aguas arriba del puente hizo plantar pilotes para impedir que las embarcaciones enemigas pudiesen destruirle.

PUENTE MODERNO. Las figs. 1691 y 1692

representan la construccion de un puente moderno establecido sobre palizadas, compuestas, cada una de ellas, de una simple fila de éstas ligadas por tres filas de gemelas, de las cuales dos están inclinadas, con el objeto de impedir cualquier movimiento en sentido del eje de la corriente.

En los rios cuyas aguas se hielan, las palizadas de los puentes llevan unos entramados *rompe-hielos*, que se colocan aguas arriba del mismo, de los cuales se tratará más adelante.

Detalles de construccion. Las figuras 1693 y 1694 son las proyecciones de otro puente montado sobre palizadas; la primera es la proyeccion de un tramo sobre larguero, de las construcciones que por su sencillez está más en uso hoy dia; la segunda es la mitad de su seccion, por un plano vertical perpendicular al de la primera proyeccion.

Este puente apoya en estribos de sillería, entre los cuales se encuentran las palizadas, compuestas de cinco estacas *i*, de las cuales, las tres del centro son verticales y las de los extremos están inclinadas en sentido contrario para dar mayor estabilidad al puente. Estos pilotes ó estacas reciben un travesero *k* que apoya en sus cabezas, y sobre del cual descansan los cinco largueros *o*, repartidos en el ancho del puente y ensamblados al tope sobre las empalizadas, á las cuales se puede reforzar por medio de gemelas.

Como los traveseros *k* resultan algo estrechos, se añaden unas zapatas *p*, llamados *contra-largueros* ó *contra-pares*, que sirven de soportes intermediarios entre los largueros y los traveseros, permitiendo así el empalme de los largueros, dándoles al propio tiempo más asiento ó más apoyo y por lo tanto mayor solidez. Sobre estos largueros es donde se coloca el tablonado *q*, que forma el paso del puente.

Las barandillas de los puentes de madera se establecen en los largueros de los bordes de los tramos, y están compuestas de pie-derechos *a*, de pasamanos *b* y de varas *c*.

Los pie-derechos están ensamblados en las viguetas *d* que apoyan y ensamblan en los largueros, y que reciben los tornapuntas guardaruedas *e* y los tornapuntas exteriores *f*. Las partes de las viguetas que sobresalen del tablonado, quedan ocultas por el balastro *n* en que apoya el adoquinado.

Las piezas de madera *g* que se apoyan interiormente en los pie-derechos de la barandilla, á cada lado del puente, y que ensamblan por entalladuras recíprocas en las viguetas *d*, son las que forman la caja del afirmado.

A pesar de que son muchos los puentes de madera cuyo paso se ha adoquinado, se ha reconocido al fin que este sistema presenta muchos inconvenientes, por cuanto obligan á dar á los puentes un grueso excesivo que los hace muy pesados, exigiendo, por lo mismo, largueros de mucha escuadria; así como tambien debe aumentarse la de las demás piezas sustentantes, lo cual no se aviene mucho con las reglas del buen gusto, que exige que á medida que se eleva un edificio, vaya aumentando en ligereza.

Los mayores defectos de los pavimentos de adoquines en los puentes de madera son:

1.º Suministrar á las tablas una humedad continua que las pudre por bien alquitranada que esté la madera, puesto que la arena retiene siempre el agua hasta mucho tiempo despues de haber llovido.

2.º Que por las vibraciones causadas por los vehículos que pasan por los puentes, la carga de los afirmados aumenta el esfuerzo que deben resistir los largueros y la accion de dichas vibraciones en los ensambles.

De modo que hoy dia generalmente se emplean los tablonados, sobre los cuales

se establecen otros que se van cambiando á medida que se desgastan. Tambien se forman afirmados con grava; no obstante, adolecen tambien de los mismos inconvenientes de los adoquinados.

PUENTES DURMIENTES DE LAS PLAZAS MILITARES. Los puentes durmientes que se colocan en los fosos de las plazas militares están compuestos de largueros que descansan comunmente en palizadas.

La fig. 1695 es una seccion longitudinal del primer tramo *a b* de un puente durmiente sobre largueros, apoyado en pilares de silleria *a b*, levantados en el foso de una fortaleza.

La fig. 1696 es una seccion transversal de este puente, por el centro de un tramo, el cual difiere muy poco del descrito anteriormente.

La fig. 1697 es un alzado de un puente durmiente apoyado en largueros que descansan en estribos de obra de fábrica, y la fig. 1698 es su seccion transversal. Este puente se diferencia de los primitivos puentes durmientes en que tiene aceras y tubos verticales *x y* de desagüe. Para evitar la pesadez debida al grueso extraordinario de las maderas, resultante de la sobreposicion de los largueros *c*, de las cabezas y de los bordillos *d*, se puede suprimir el larguero *c*, sosteniendo las extremidades de las jácenas por medio de una faja de hierro retenida con pernos en el bordillo *d*, de igual escuadria que los largueros.

PASILLOS. Los pasillos no son más que puentes muy estrechos que se establecen sobre los caminos que bordean los rios, cuya construccion es mucho más sencilla que la de los puentes con largueros, siempre y cuando sirvan solamente para peatones que deban atravesar barrancos ó corrientes de poca importancia.

Las figs. 1699, 1700 y 1701 representan los detalles de construccion de uno de estos pasillos; la fig. 1699 es la planta, y la figura 1700 el alzado.

La fig. 1702 representa el alzado de un pasillo más importante, siendo la fig. 1703 su planta. La seccion (fig. 1701) es comun á ambos pasillos, en cuya construccion se suprimen los largueros.

En el mero hecho de servir sólo para peatones, las cargas que recibirán no son considerables, y, por lo tanto, para escuadria de los maderos basta la de los tablones, cuya longitud máxima debe ser de 3 á 4'50^{m}. En esta clase de pasillos se establece una sola barandilla, que generalmente se coloca del lado que mira al rio ó barranco, si es paralela á la corriente, ó aguas abajo si la atraviesa.

PUENTES CON LARGUEROS, CONSTRUIDOS CON TRONCOS. Este sistema de construccion es muy comun en Rusia, en donde se emplea la madera tal como se corta del árbol, formándose machones y estribos con ellas.

La fig. 1704 es un croquis de un machon de esta clase, junto con la parte del piso del puente correspondiente. La distancia entre machones es de 3 á 4 metros; el piso está formado por ramas colocadas transversalmente sobre los largueros.

PUENTES CON LARGUEROS GEMELOS Ó Á CEPO. Cuando para la construccion de un puente se dispone solamente de piezas de madera cuya longitud no alcance toda la luz, es decir, que los largueros no puedan ser de una sola pieza, se las utilizará ensamblándolas á cepo.

La fig. 1705 es el alzado de un puente construido con largueros, cuya longitud es solamente de los dos tercios de la extension ó luz de un tramo. El número de largueros que apoyan en cada estribo es el mismo, colocándoseles alternativamente, de modo que cada larguero de un estribo corresponda al espacio que separa á dos largueros de otro estribo. Los del estribo *a* se extienden de *a* á *b*, y los del estribo *e* se extienden de *e* á *d*, así pues la longitud *b d*, segun la cual se cruzan, ocupa el centro de la luz del tramo. Estos

largueros están sujetos entre las partes de las gemelas *b d*, de modo que se sostienen mútuamente en un mismo plano horizontal. Al nivel del grueso de las gemelas se distribuyen vigas para apoyar en ellas las viguetas del tablonado. Si el número de vigas es grande, entonces las jácenas del tablonado pueden apoyar directamente en ellas y en las gemelas, con lo cual el puente resultará más ligero.

Los largueros se adelgazan de modo que su escuadria resulte á la mitad en las extremidades cogidas por las gemelas, con lo cual se disminuye la carga del puente en los puntos en que el número de largueros es doble.

Puentes con largueros cruzados. Los puentes de que se acaba de tratar pueden construirse igualmente empleando los largueros cruzados, como las partes de una cruz de san Andrés, los cuales pueden emplearse en forma natural redonda ó escuadreada.

La fig. 1706 es el alzado de una combinacion muy bien entendida, en la cual se emplean dos filas de largueros, cada una de las cuales apoya en un estribo.

Los largueros *a b*, *e d*, pasan los unos en los intérvalos de los otros, como los dedos de las manos al cruzarse, reteniéndoles y asegurando la estabilidad del puente por medio de los traveseros *f*, *g*, sobre los cuales apoyan unos pie-derechos rematados en otros traveseros que sostienen los largueros del tablonado del puente.

Los traveseros *f*, *g* deben estar muy sólidamente clavados en los largueros, añadiéndose además unos egiones que en ningun caso les permitan resbalar.

La fig. 1707 es una combinacion de la misma especie, sólo que en ésta hay tres filas de largueros; las dos filas *a b*, *e d*, tienen el mismo número de piezas, se encuentran en posicion inclinada y apoyan en los estribos; la tercera fila *u v* es horizontal, está ligada con las otras dos, y consta de igual número de piezas que cualquiera de ellas menos una; puesto que se cruzan con aquéllas, pasando por los intérvalos que las separan. En los ángulos que forman entre sí se colocan cuatro piezas cilíndricas transversales *u*, *b*, *d*, *v*, retenidas con pernos y egiones, sobre las cuales se levantan pie-derechos que, como en el caso anterior, sostienen, con la intervencion de otros traveseros, los largueros del tablonado.

Estos puentes sólo se usan en circunstancias que exijan una ejecucion rápida y se disponga de pocos medios.

CAPÍTULO XLVIII

PUENTES CON TORNAPUNTAS Y CRUCEROS

Siempre que ciertas consideraciones locales y tambien, por quererse utilizar la mucha longitud de las piezas que se tengan, determinen separar las palizadas de más de 7 metros, es indispensable sostener los largueros por medio de tornapuntas, con lo cual se aumenta su fuerza, la cual se distribuye en las palizadas; resultando que, con relacion á la fuerza que necesitan, su luz se reduce á la distancia entre sus apoyos en los tornapuntas, cuyas piezas pueden combinarse de varios modos, tanto con relacion á su número como á su situacion.

PUENTE DE LA BRENTA EN BASSANO. En general, el empleo de los tornapuntas arrastra consigo el de los ensambles á cepo. Existe, sin embargo, alguna escepcion, pudiéndose citar la del puente de Brenta, construido por Palladio, que fué el primero en dar una gran luz á los tramos, valiéndose de esta combinacion.

Las figs. 1708 y 1709 representan un alzado y un corte transversal de este puente, el cual consta de cinco tramos, de 12'50 metros de luz cada uno; su ancho es de 9 metros y está cobijado por una cubierta á dos vertientes sostenida por columnas de madera.

Los pilotes que forman las palizadas tienen 10 metros de longitud y 0'50^{m} de escuadria, estando revestidos, en su parte baja, con tablones, y los espacios interiores llenos de piedras. Debajo de las jácenas hay unas contrajácenas cuya longitud es igual á la mitad de la longitud del tramo, en cuyas extremidades apoyan los tornapuntas de refuerzo.

PUENTE CON TORNAPUNTAS Y GEMELAS. La figura 1710 es una proyeccion vertical de un puente sobre palizada; la fig. 1711 es una seccion por un plano vertical segun la línea *x y*; y las jácenas de este puente llevan, como las del puente de Brenta, contrajácenas *a* sostenidas por tornapuntas *b*, que dan igualmente apoyos á la cuarta parte de la longitud de los tramos. Los tornapuntas están ligados por medio de péndolas gemelas que arrancan de los puntos de apoyo de las já-

cenas en las palizadas, con lo cual se aumenta su fuerza y permite, por consiguiente, darles más longitud. Por medio de esta combinacion puede darse una luz de 20 metros entre palizadas.

PUENTE CON DOBLES GEMELAS Y TORNAPUNTAS. La fig. 1712 es la proyeccion de otro puente cuyos tramos tienen unos 27 metros entre palizadas.

La fig. 1713 es una seccion vertical por *u v*.

Como la luz de este puente es mayor que la del anterior, deben igualmente los tornapuntas tener mayor longitud, reforzándolos con péndolas gemelas ligadas á las jácenas, con relacion al plano de cada cuchillo, que en cuanto al conjunto, se refuerzan todos los de los varios cuchillos por medio de gemelas transversales que impiden la flexion en sentido perpendicular al eje del puente. Estas gemelas, que son horizontales, están indicadas en *m*, en ambas figuras.

DETALLES DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE CON TORNAPUNTAS Y GEMELAS. La figura 1714 es la proyeccion vertical de un tramo de puente con un estribo de carpinteria y una empalizada.

La fig. 1715 es una seccion perpendicular al eje del puente, segun la línea *m n* de la figura anterior.

La planta del estribo está representada por la fig. 1716, vista por encima del puente, y la fig. 1718 es el de una empalizada, al nivel de la línea *p q*, suponiéndose que el nivel normal de la corriente esté en *v u*.

En cada cuchillo, las jácenas *a* llevan contra-jácenas *b*, y la reunion de los largueros ó vigas se verifica á junta plana y al tope en el centro de cada zapata *c*, excepto en los estribos, en donde los largueros y las zapatas se prolongan en el terreno de una cantidad suficiente para poder apoyar en los pilotes que constituyen el revestimiento del estribo.

En esta combinacion debe observarse que todas las ocupaciones de los tornapuntas *d* en las contra-jácenas y en las palizadas, así como tambien las extremidades de las zapatas, están consolidadas por medio de las gemelas *f*, que las retienen y no permiten ninguna desviacion de estas piezas, que sólo se cruzan por simple contacto.

En las primitivas construcciones, las péndolas gemelas *f*, escepto las del centro de cada tramo, se establecerán en posicion inclinada, tal como se representan en *x y*, cuya direccion hace que, debiendo hacer estas piezas las funciones de pie-derechos para sostener los pasamanos *h* y los largueros *k* de las barandillas, no ofrecen un buen ensamble. Este ensamble vicioso está detallado en la fig. 1717, que en esta hipótesis, representa la péndola gemela *f* correspondiente á la línea *x' y'* de la figura 1714.

La fig. 1719 es un fragmento de la seccion transversal correspondiente á la misma gemela, en donde se ve que el tornapunta *m*, que ensambla en la gemela corta *f'*, no la cruza á hilo, y por lo tanto la caja no lo es tampoco, y resulta un ensamble irregular é incompleto. Por todas estas causas, que afectan á la solidez del puente y á la facilidad de ejecucion, las péndolas gemelas deben establecerse verticalmente, como indica la fig. 1714, siempre que deban formar parte de la barandilla.

Las palizadas están combinadas de modo que ofrecen una gran solidez, con relacion á la resistencia, á la carga que deban soportar y á la resistencia á la fuerza de la corriente.

Debe observarse que el establecimiento del puente no descansa inmediatamente en las estacas, y que las piezas que componen una palizada propiamente dicha, descansan en un pilotaje.

La fig. 1718 es, como ya se ha dicho, la planta de la cimentacion de una palizada, al nivel de la línea *p q*, cuya palizada, comprendiendo su cimentacion, cons-

ta de cinco cuchillos correspondientes á los de los tramos; en cada cuchillo y á cada lado de eje se encuentran dos pilotes A, B, (fig. 1714), y dos pie derechos de palizada C, C, cuyos pie derechos se corresponden con los pilotes A, descansando en sus puntas por medio de dos piezas D, que reciben el ensamble á espiga de los pilotes *a* y de los pie derechos C. Las piezas D están unidas á los pilotes B por medio de pernos; en cada cuchillo ó entramado de palizada las puntas de los pilotes B y de los pie derechos C, están unidas por medio de gemelas, las cuales, de un entramado á otro, están fijas á cada lado por una solera F, unida con pernos á los pie derechos de las palizadas.

En la parte superior, los dos pie derechos C, están ligados por una gemela horizontal *g*, y todos los entramados lo están por una viga E, sobre la cual apoyan todas las zapatas *c* y por otra viga horizontal H, que se cruza con las gemelas *g*, ensamblando en ellas por una entalladura sencilla. Estas dos vigas E, H, ensamblan con los pie derechos por medio de entalladuras recíprocas, y todas las piezas están unidas por pernos para dar invariabilidad á las juntas.

La viga E, liga los entramados de las palizadas y sostiene las zapatas conservándolas á nivel, por cuanto hace á aquellos solidarios unos con otros. En cuanto á la viga H, si bien establece unión de las piezas, sirve igualmente de refuerzo entre los pie derechos para que resistan solidariamente también á la presión que pueda ejercer en ellas el tornapunta *d*.

Los refuerzos G, tienen por objeto comunicar mayor fuerza á la extremidad superior de la palizada que es en donde se verifica el mayor esfuerzo.

Los cinco pie derechos de palizada forman á cada lado, junto con las vigas H, E, y la solera F, un entramado general, para asegurar la estabilidad de formas; cada uno de ellos está consolidado por una cruz de san Andrés, proyectada en J (figura 1715), cuyos brazos están ensamblados á entalladuras recíprocas con los pie derechos C, y retenidos con pernos.

Esta cruz de san Andrés se establece igualmente en los entramados que forman el revestimiento de los estribos.

La cruz de san Andrés J y los tornapuntas ó puntales N, impiden cualquier movimiento en sentido de la corriente.

Las líneas de puntos indican las piezas que constituyen cada entramado de estribo, estando combinadas de modo que aseguran la fuerza del mismo para el sostenimiento del puente y la resistencia á la carga ó empuje de las tierras.

A cada cuchillo de tramo corresponde un entramado de estribo y otro de palizada, que forman un solo cuchillo general en conjunto.

La fig. 1720 representa el medio para que el último pie derecho de cada barandilla se mantenga vertical sobre la pieza inclinada R (figs. 1714 y 1716), que sirve para sostener el talud del camino antes de llegar al puente.

Ejecución de un puente. El puente que se acaba de describir podrá servir de ejemplo para explicar los medios de ejecución como trabajo de carpintería; así pues, se le podrá descomponer como sigue:

I. En cada tramo de cinco cuchillos entran, para cada cuchillo:

1.° Una jácena *a*;
2.° Una contrajácena *b*;
3.° Un bordillo de acera *e*;
4.° Dos zapatas *c*;
5.° Dos tornapuntas *d*;
6.° Seis gemelas verticales *f*, *i* (un pasamano *h* y un larguero de barandilla intermedio para los cuchillos extremos).

II. En cada palizada ó estribo, la carpintería debe descomponerse en cinco cuchillos ó entramados de palizada, formado cada uno de ellos:

1.° De dos pie derechos de palizada C;
2.° De dos refuerzos de pie derecho G;

3.° De dos gemelas *g*, P;
4.° De una zapata *c*;
5.° De una gemela vertical *i*.

III. Cada palizada se descompone también en dos entramados de palizada inclinados, formados;

1.° De cinco pie derechos de palizada C, con sus refuerzos I;
2.° De dos jácenas E, H;
3.° De una solera F;
4.° De un travesaño superior D;
5.° De una cruz de san Andrés F.

IV. Cada palizada se compone además de un tercer entramado intermedio en el cual se encuentran:

1.° Una viga horizontal H;
2.° Una gemela horizontal R;
3.° Dos tornapuntas ó puntales N.

V. El puente comprende tantos entramados como péndolas gemelas *f* haya. Cada entramado se compone:

1.° De cinco péndolas gemelas cortas *f* de los cinco cuchillos de un tramo. Estas cinco gemelas están entalladas en una gemela horizontal *o*; las gemelas cortas de las dos extremidades sobresalen para formar los pie derechos ó montantes de la barandilla; las demás llegan al nivel superior de las soleras;
2.° De la gemela horizontal *o*;
3.° De las dos pendolas tornapuntas *m* y de dos tornapuntas guarda ruedas *n*.

VI. Para establecer los entramados de las palizadas se requieren:

1.° Cinco gemelas P;
2.° Dos soleras F;
3.° Las dos partes de la gemela R.

Puente de Kehl sobre el Rhin. Este puente es de la misma especie que los que se acaban de describir, es decir, que descansa en palizada y está formado por jácenas, contrajácenas, tornapuntas y péndolas gemelas.

Las fig. 1721 representa la proyección vertical de un tramo de este puente; la figura 1722 es una sección transversal del mismo y la proyección de una palizada. El ancho del río en el punto en donde está emplazado este puente, es de 440 metros. Está compuesto de 30 tramos de 14 metros de luz cada uno. La parte superior está formada por doble tablonado; tiene dos aceras, con sus dos barandillas correspondientes.

Puentes de las colonias rusas. La combinación de las maderas del puente representado por la fig. 1723 tiene alguna analogía con las del puente ya descrito en el artículo anterior.

Los tornapuntas están dispuestos de modo que reparten con igualdad los puntos de apoyo del puente, encontrándose reforzados por las gemelas que á su vez los dividen en partes sensiblemente iguales. La fig. 1724 es una sección de este puente por la línea *m n*. Las cruces de san Andrés comprendidas en los gruesos de los tornapuntas en los de las palizadas, son indispensables para la mayor estabilidad del conjunto.

La fig. 1725 representa otro puente de construcción semejante á la anterior, y la fig. 1726 es una sección de él por la línea *p q*.

Puente de la Mulàtiére en Lion. La figura 1727 representa uno de los once tramos de 14'90 metros á 17'50 metros de luz del puente de la Mulatiére, en el cual se ha empleado el sistema de construcción que Perronet adoptó para el puente de la Salpetriére, en Paris, en el cual se imitan las cimbras de sostenimientos de los arcos.

Este sistema ha dado lugar á la construcción de puentes sobre cimbras; más como los pares, compuestos de dos series de piezas ensambladas á muesca, forman ángulos muy obtusos, guardando cierta relación con los tornapuntas sostenidos por gemelas, resultan grandes presiones en sus ensambles que podrían reblandecerse y pudrirse á causa de la humedad permanente debida á las gemelas, cuyo inconveniente es aun mayor en los arran-

ques, en donde los pares cargan con mayor fuerza. De esto resulta un desequilibrio general de los tramos ocasionando un movimiento de flecha tanto mayor cuanto menor sea ésta. Para corregirlo debe interponerse el hierro en los ensambles, como se verá luego

PUENTE DE KINGSTON. Este sistema se empleó con algunas modificaciones en el Támesis, para la construcción del puente de Kingston, cerca de Londres, del cual, por la fig. 1728, se representa uno de los siete tramos de que consta; sus aberturas son desiguales; la del centro tiene 16'09 metros de luz; las dos contiguas tienen 13 metros; la siguiente 11'09 metros, y las últimas 8'07 metros.

En este sistema las gemelas no coinciden con todas las ocupaciones de los tornapuntas, de modo que la causa de la flexión disminuye considerablemente.

CAPITULO XLIX

PUENTES CON ARMADURAS

El sistema de armaduras que se emplea para aumentar las fuerzas de las vigas, de que se ha tratado en los primeros capítulos, se emplea igualmente en la construcción de puentes, dando lugar á un sinnúmero de combinaciones desde la abertura más mínima hasta los tramos mayores que hayan podido construirse modernamente.

Las armaduras en los puentes pueden ser de varias clases: pueden resultar de la yuxta-posición ó de la sobreposición de varias piezas que aumenten la fuerza de la pieza principal en todos los puntos de su longitud; pueden consistir también en la combinación de varias piezas ensambladas, ó debajo de la pieza principal, como en las péndolas, ó encima como se ha indicado al tratar de los techos. En el caso de emplear armaduras de ensambles, se emplean generalmente estas últimas á fin de no impedir el paso por debajo de los puentes, con piezas colgantes, siendo éste el objeto por el cual se adoptan las armaduras y no las palizadas.

En sistema de viga armada con pendolón interior ha dado lugar á que M. Genneté ideara un sistema, compuesto de varios pendolones *a* (fig. 1729) en los cuales ensamblan á caja y espiga con esperas invertidas, una serie de largueros cortos *b* y contralargueros *d* para formar cuatro cuchillos que forman el piso *c*. La figura 1729 representa solamente un estribo *e*; la línea *f g* es el eje vertical de la mitad de la longitud de un cuchillo.

Este sistema de armadura se ha citado únicamente como una de tantas combinaciones; más en cuanto á resultados prácticos, son nulos, por lo tanto debe desecharse completamente este sistema, pues hasta sería peligroso su empleo.

Puente de Palladio. La fig. 1730 es el alzado de un puente de Palladio, siendo la fig. 1731 la planta del mismo, y en el cual se ve solamente su armazón sin el tablonado ó piso.

Por esta disposición la fuerza de los tablones que sirven de largueros puestos de canto se va aumentando gradualmente

hacia los estribos, por la yuxta-posición de otros tablones ligados con los primeros por medio de virotillos.

Las barandillas forman, por medio de tornapuntas diagonales, una especie de armadura muy resistente.

PUENTE CON CONTRALARGUEROS. La misma combinación que Palladio emplea por yuxta-posición, puede aplicarse también por sobreposición de contralargueros de longitudes escalonadas, ofreciendo quizá un conjunto más resistente que el primero. El puente de la figura 1732 es un ejemplo de ello. Los cuchillos que lo constituyen pueden aproximarse tanto como se desee según la resistencia que se quiera obtener. Si se ponen muy próximos, podrán recibir directamente el tablonado; de lo contrario, se añadirá un envigado para recibirle.

PUENTE DE LA ORSCHA. El sistema de contralargueros se emplea muy comunmente en Rusia. Las figuras 1733 y 1734 representan un croquis del puente de Orscha y la planta de uno de sus pilares. La distancia es de unos 8 metros; están construídos con maderas de sección cuadrada colocadas horizontalmente, formando ángulo en la parte de aguas arriba. Los largueros están reforzados todos por contralargueros, y todas las piezas están ligadas entre sí por medio de clavijas muy resistentes que las atraviesan.

El tablonado ó piso está formado por piezas de madera puestas al tope.

PUENTES CON CONTRALARGUEROS Y GEMELAS. La fig. 1735 representa una disposición en la cual los contralargueros van disminuyendo en longitud hacia los estribos, y están retenidos á los largueros principales por medio de gemelas verticales que en los cuchillos de los bordes sobresalen para formar barandilla.

PUENTES CON CONTRALARGUEROS UNIDOS CON MUESCAS. En la fig 1736 los contralargueros están formados por tablones puestos de canto unidos unos con otros, de modo que desarrollan un polígono circunscrito á un arco de círculo; están unidos entre sí por medio de pernos que les atraviesan á todos cerca de sus esperas. El hilo de la madera sigue la dirección del borde que forma uno de los lados del polígono para que no puedan abrirse las esperas.

El número de cuchillos debe estar relacionado con la amplitud del puente, y reciben inmediatamente el tablonado. Las barandillas son de hierro.

PUENTE DE WENDIPORT. La fig. 1737 es el croquis de un puente construído en Wendiport con madera de terebinto. Los largueros sobrepuestos están en ambos lados entregados con mezcla en la fábrica de los estribos.

La plataforma del puente apoya en las extremidades de los largueros que están ligados entre sí por simples clavijas de madera.

PASILLOS DE PRUSIA. En los caminos de Prusia se encuentran á menudo unos pasillos de madera cuyos largueros tienen muy poca escuadria y cuya solidez depende de una especie de armaduras formadas por viguetas cuya fuerza se une á la de los largueros extremos, permitiendo así el paso de carruajes muy cargados.

La fig. 1738 es el alzado de uno de estos pasillos, y la fig. 1739 la sección.

Los estribos están formados por una fila de pilotes en las cuales apoyan los tablones puestos de canto que sostienen las tierras; estos pilotes llevan las piezas *o* que sostienen los largueros del tablonado. Encima de cada larguero del borde *a* se encuentra otro larguero *b* sostenido por tres piezas *c*, ligado con el de debajo por medio de tres pernos que los atraviesan.

El perno del centro de cada borde debe ser muy resistente, por atravesar, además de los largueros, una vigueta transversal *d*

que pasa por debajo de todos los largueros cruzándoles á ángulo recto y sosteniéndoles.

Por medio de esta combinación puede prescindirse de colocar una palizada en el centro del puente, y permite emplear largueros de poca escuadria.

PUENTE CON ARMADURA SIMPLE. La viga *a*, (fig. 1740) está unida á los dos pares *c* por medio de una gemela vertical *b*, á cuya combinación se da el nombre de armadura, que tiene la propiedad de que no dando la escuadria de la pieza *a* suficiente resistencia por sí sola, si á igualdad de luz se la sostiene en un punto medio por la gemela y los pares referirá entonces sobre los puntos de ensamble de estos pares todo el esfuerzo que deba soportar la viga en su punto medio, y podrá cumplir debidamente con las condiciones de solidez que se desea.

Se comprende que si un puente debe estar compuesto de varias vigas, no será conveniente dar á todas ellas armaduras como las descritas, puesto que además de ser en algunos casos innecesaria tanta fuerza, obstruirían el paso.

Luego, las armaduras no deben establecerse más que en las vigas de los bordes y, á lo más, en la del centro de la vía, si su ancho lo permite; y las demás vigas ó largueros se colocan sin armadura; más, en este caso, para darles buen aguante, deberán ponerse vigas transversales horizontales.

PUENTE DE CISMONA. Este puente consta de dos cuchillos, representado uno de ellos por la fig. 1741, con cuyo sistema puede obtenerse mucha luz sin que haya en ellos piezas salientes que puedan dificultar el paso por debajo.

La pieza *a* apoya en los dos estribos y recibe el ensambre de cinco péndolas verticales *c*, *d*, *e*, igualmente espaciadas, ligadas á la pieza *a* por medio de estribos de hierro.

El travesaño horizontal *g* y los dos pares *k* son los que forman armadura á cada lado del puente.

Los dos tornapuntas *f* dan estabilidad al pendolón central *e*; el tornapuntas *h* y el contrapar *i* producen el mismo resultado con relación á los pendolones *c*; los contrapares *i* aumentan la fuerza del par y completan el cuchillo.

Los dos cuchillos están colocados á 2'50 metros uno de otro, y sostienen las viguetas horizontales y transversales *d*, que se corresponden verticalmente con los cinco pendolones de cada cuchillo, estando ligadas con los mismos estribos de hierro que atraviesan las piezas *a* y las viguetas *d*.

PUENTE DE URACH. La fig. 1742 es el alzado de un puente de tres tramos, de 2'30^{m} de ancho, apoyado en dos empalizadas compuestas de una serie de pilotes *t*; la longitud de cada tramo es de 9 metros, los pares de las armaduras se sostienen mutuamente con las gemelas *p* y las puntas de las palizadas, estando contrarrestado su empuje por la resistencia de los estribos de fábrica *o*.

En cada tramo los pares sostienen la gemela vertical *p* por la cual pasa la vigueta transversal *r*, que, juntamente con los traveseros de las puntas de las palizadas y los apoyos en los estribos, sostienen los cuatro largueros que forman el tablonado en una longitud de 2'14^{m}.

PASILLOS HOLANDESES. La figura 1743 es la proyección vertical de un pasillo para peatones y caballerías, compuesto de dos cuchillos de 13 metros de luz.

La fig. 1744 es una sección del mismo por un plano vertical *m n* perpendicular al de la fig. 1743. Los largueros están formados por tablones muy resistentes que apoyan en los estribos, en la gemela horizontal *r* que sujeta los pendolones *k* de ambos cuchillos; y en las viguetas *p* sostenidas por los tornapuntas *s* que conservan la verticalidad á dichos pendolones.

La fig. 1745 es el alzado de otro pasillo

de igual luz que el anterior, compuesto de dos cuchillos formados por una cruz de san Andrés, que sustituye á los tornapuntas, con cuyos brazos prolongados hasta los montantes de los estribos, les sirven de apoyo, manteniéndoles verticales y destruyendo ó contrarrestando sus empujes.

La fig. 1746 es una sección por la vertical *x y*, de este segundo pasillo.

PUENTE DE SAVINES. La fig. 1747 representa uno de los dos cuchillos de este puente, cuyo sistema de construcción estriba en el de las armaduras. Su ancho es de 3'25 metros. Los dos tornapuntas *a a*, el pendolón *b*, los dos tornapuntas menores *c* y las péndolas *d*, forman el sistema de suspensión del puente.

Los tres pendolones sostienen á tres viguetas en las cuales apoyan cuatro series de largueros que protegen sus extremidades en los estribos, reuniéndose en el centro del puente en los contralargueros *e*.

La fig. 1748 es una sección de este puente por un plano vertical perpendicular á su eje, cuya traza es la línea *u v*. Los estribos están formados por maderas escuadreadas formando asiento. Las maderas colocadas en sentido de la longitud del puente se corresponden con los largueros, dejando entre ellos una distancia mayor hacia la base del estribo que en el vértice, por cuyo motivo los tornapuntas *a* se encuentran en el plano del talud.

Los compartimientos formados por las maderas que se cruzan en los estribos, se rellenan de obra de fábrica, pero tan sólo en la parte correspondiente á la línea de cimentación de los estribos, quedando hueco el resto y forma soladizo fuera del muro, que sigue la pendiente de los tornapuntas.

PUENTE CUBIERTO DE THIONVILLE. Este puente está compuesto de ocho tramos que descansan en pilares de obra de fábrica de 4 metros de grueso. Cada uno de éstos presenta un arista angular en la parte de aguas arriba, y en el lado opuesto, son rectangulares. La longitud de estos pilares es de 11 metros al nivel del piso del puente.

De estos tramos, los cinco del centro están cubiertos, y están soportados cada uno de ellos por dos cuchillos, y cada cuchillo está formado por una armadura; los dos cuchillos de cada tramo están á distancia de 4'20^{m} uno de otro.

La fig. 1749 es el dibujo de uno de estos cuchillos, los cuales tienen 20 metros de luz, entre los paramentos de los pilares; cada cuchillo, considerado aisladamente, se compone de una viga *a*, de un travesaño *b*, de dos montantes *c* y de cuatro tornapuntas *d*, *e*, cuyas puntas inferiores están ensambladas en la viga *a*; la parte superior de los tornapuntas *d* ensambla con los montantes al nivel del travesaño; los otros tornapuntas *e* ensamblan en la parte inferior de este. La viga *a* está unida á los montantes por medio de dos estribos de hierro; los tornapuntas *d*, *e*, van unidos á la viga por medio de péndolas gemelas inclinadas *f*.

Los dos cuchillos que constituyen los bordes de los tramos, en los puntos en donde van generalmente situadas las barandillas, soportan en el centro de sus travesaños *b* una pieza horizontal *g* de madera que, por consiguiente, coge todo el ancho del puente, la cual está sujeta muy cerca de cada cuchillo, por una gemela vertical *i* que retiene igualmente á una viga *h* pasada por debajo de la viga de cada cuchillo.

Sobre esta pieza y sobre unos durmientes asentados en pilastras que sostienen tres series de largueros intermedios, se clavan dos gruesos de tablones para formar el paso del puente. En cada extremidad de los largueros se colocan unas zapatas *r* que se cruzan con los durmientes de debajo de las pilastras, los cuales están sostenidos por tornapuntas. Sobre las pilastras, entre los cuchillos, los mon-

tantes *c* sostienen unos traveseros *k*, que con los traveseros *g* forman otros tantos tirantes para sostener los cuchillos de las cubiertas que cobijan el puente, cuya combinación da á comprender que su construcción es bastante antigua.

PUENTE DEL SALTO DEL RHONE. Puede muy bien citarse este puente como á tipo de construcción viciosa, el cual se hundió á los 14 años de construído, debido á la exagerada inclinación de los tornapuntas, y al contacto tan limitado de las maderas de punta con las maderas á hilo.

La fig. 1750 representa uno de los cuchillos de este puente, construído por el sistema de armaduras y tornapuntas.

SISTEMA DE SIYERME. El sistema de cuchillos de que ya se ha tratado en el capítulo correspondiente, lo aplica Styerme igualmente para la construcción de puentes, determinando con ello las posiciones de las varias piezas de madera.

La fig. 1751 es una combinación de la misma clase que la del puente de Thionville ya descrito. El punto *a* se determina por la intersección de la horizontal *m n* con el eje vertical, y la posición de esta horizontal se fija por la intersección de las cuerdas *k d*, *h c*, que son los lados de un cuadrado inscrito al círculo *d k*, *h c* y del arco de círculo descrito desde el punto *d* con el mismo radio. La intersección de los mismo lados con la horizontal *u v* determina las posiciones de los radios *c p*, *c q* que, por sus otras intersecciones con las líneas *k a*, *h a* marcan el emplazamiento de las gemelas *o*, *e*. Los taludes de los muros de las estribos se determinan por los puntos *x*, *z*, que son las intersecciones del círculo mayor con el del mismo radio descrito con el centro *c*.

La fig. 1752 es la aplicación del trazado que Styerme llama *medio geométrico*, para determinar las posiciones de las piezas que deben componer uno de los puentes de Palladio que, por otra parta, sin este sinnúmero de líneas, las más de ellas inútiles, pudo trazar los hermosos puentes que ideó.

Las fig. 1753 y 1754 son otras aplicaciones del mismo sistema, semejantes al puente de Thionville (fig. 1749), y á uno de los de Palladio (fig. 1755), para demostrar que este método puede aplicarse á cualquier combinación.

PUENTE DE ZURICH. En Alemania y particularmente en Suiza se construyen generalmente los puentes por el sistema del de Zurich, variando el número de armaduras con relación á las líneas de los tramos.

El puente de Zurich (fig. 1756) puede servir de ejemplo de esta clase de construcción, por ser uno de los en que este sistema es más completo. Cada cuchillo consta de cinco armaduras. Los tirantes en que descansan éstas están formados por tres series de vigas unidas por redientes, estando además reforzados, cerca de cada estribo, con contravigas unidas igualmente por redientes.

Este puente es cubierto; su ancho entre cuchillos es de 5'85 metros; debajo de su tablonado hay varias piezas diagonales que forman *contraviento*.

PUENTE DE SCHAFFHOUSE. Este puente, contruído en 1757 por Grubenmann, sobre el Rhin, era uno de los monumentos más extraordinarios de su época, y muy superior á cuanto se había hecho hasta entonces sobre la construcción de puentes.

Este ingenioso puente, cuya alzada representa la fig. 1757 se construyó en el mismo emplazamiento de otro puente de fábrica que se había hundido, habiéndosele destruído por incendio durante la guerra de 1799.

Este puente era de la misma clase de los que en Alemania denominan *haugwerck*, esto es, *colgante*. Está compuesto de dos tramos de 51'97 metros el uno y de 58'80 metros el otro, cuya desigualdad de tramos proviene de haberse utilizado

uno de los pilares del antiguo puente que se habia conservado intacto casi en mitad del rio, habiéndose apoyado en él el punto de reunion de los dos tramos que, por no seguir la misma direccion, formaban un ángulo de unos de 2'60 metros de flecha.

La fig. 1758 es una seccion vertical por el centro de uno de los dos tramos.

Los cuchillos de los bordes estaban espaciados de unos 5'52 metros. La viga principal formada por el conjunto de dos series ensambladas en forma de dientes de sierra, tenia 0'43 metros de grueso horizontal y 0'89 metros de altura. Las armaduras, en vez de estar como en el sistema anterior, casi concéntricas, estaban constituidas de modo que las partes horizontales se tocaban inmediatamente debajo de la solera de sostenimiento de la cubierta, con lo cual se aumentaba su resistencia.

Los tornapuntas eran de roble. Las gemelas verticales sostenian la viga principal, reforzando los tornapuntas é impidiéndoles la flexion. Estas gemelas estaban espaciadas de 5'66 metros de eje á eje, en cuyas extremidades superiores é inferiores estaban ensambladas unas viguetas transversales, retenidas por abrazaderas de hierro, con lo cual conservaban la separacion de los cuchillos. Las superiores sostenian los cuchillos de la cubierta del puente, el cual estaba cubierto; las inferiores sostenian el tablonado, juntamente con otras viguetas intermedias unidas á las vigas principales.

La solidez de este puente era extraordinaria, como lo prueba el paso continuado de vehículos cargados, entre los cuales los habia que llevaban pesos de 25,000 kilógramos, tales como bloques de piedra para las construcciones.

Puente de Wittengen. Este puente, construido en 1778 é incendiado como el anterior en 1779, tenia una luz de 118'89 metros, apoyando únicamente en los dos estribos extremos.

La fig. 1759 representa la mitad de su alzado.

La fig. 1760 es su planta sobre el envigado del piso.

La fig. 1761 es una seccion vertical en frente de la gemela D.

La fig. 1762 es la seccion enfrente del primer marco de entrada, en el interior del puente.

Estas dos secciones representan al mismo tiempo la estructura de la cubierta.

Este puente, construido igualmente por Grubenmann, ofrece una combinacion mejor que la del puente de Schaffhouse, en la disposicion, número y fuerza de los tornapuntas, de los cuales, algunos están formados por la reunion de piezas ensambladas por redientes; además, el cuchillo longitudinal de la cubierta que cobija el puente, concurre, junto con los cuchillos laterales de sus bordes, á la solidez del mismo, por lo cual puede decirse que el puente está compuesto por tres cuchillos.

Se nota tambien en sus detalles un excelente medio para dar una solidez á los ensambles, que consiste en sustituir las ocupaciones ó esperas simples por ocupaciones de todo el ancho de las piezas por medio de piezas ensambladas, en una grande extension, por redientes y sujetadas por pernos en las que deben recibir el ensamble; de modo que aquéllas forman otros tantos apoyos de los tornapuntas que les da una resistencia imposible de obtener por las simples esperas. Estas piezas de apoyo son las que sin duda han servido de modelo para las que hoy dia se emplean tanto de madera como de hierro en los entramados.

El puente de Wittengen ofrece un buen ejemplo del empleo de los tornapuntas debajo del tirante y de las soleras de la cubierta, junto con el de los tornapuntas superiores empleados como armaduras. Como las gemelas verticales reunen todos los tornapuntas de cada mitad de cuchillo, aumentan considerablemente con ello su

fuerza, sosteniendo al propio tiempo la pieza principal del puente y el tablonado.

Puente de Claus. La fig. 1763 es el alzado de una de las extremidades de este puente, representando la parte de uno de los dos cuchillos de los bordes que apoya en los estribos, junto con la proyeccion de las correas y del enlatado de la cubierta.

La fig. 1764 es una seccion longitudinal de la otra extremidad del puente, que apoya en el otro estribo y presenta el cuchillo del centro. La parte inferior de este cuchillo se corresponde con las de los bordes; su parte superior forma parte de la cubierta.

La fig. 1765 es una seccion transversal, frente una de las gemelas en donde terminan las figs. 1763 y 1764.

Este puente consta de un solo arco de 292'355 metros de luz, y un ancho de 16'57 metros.

Su sistema de construccion estriba en una série de tornapuntas que forman todas las armaduras. Las gemelas verticales formadas por la reunion de cuatro piezas, son las que sostienen las vigas y las piezas del puente en donde apoyan las diez filas de largueros del tablonado en cada via.

Los contravientos del piso tienen la direccion de las diagonales de los rectángulos formados por las vigas del puente, y las establecidas entre las gemelas verticales.

La fig. 1766 es el alzado general del puente, cuyos paramentos están cubiertos por tablas, recibiendo luz por un sinnúmero de ventanas abiertas en la cubierta junto con cuatro linternas octogonales vidriadas.

Para que la parte horizontal del centro del puente tuviese más fuerza, Claus dió mayor longitud á las siete gemelas correspondientes á esta parte, las cuales sobresalian del resto de la obra. Debajo de la viga más baja dispuso tornapuntas en sentido contrario del de los tornapuntas de los cuchillos, que terminaban apoyando en la gemela vertical del centro.

Sistema de M. Town. Entre los puentes de armaduras de que se está tratando, debe incluirse el sistema inventado por Town, de Nueva-York, aplicado á los puentes viaductos de los ferrocarriles de Virginia.

La fig. 1767 es el alzado de uno de los diez y nueve tramos del viaducto de Richemond, de 46'66 metros de luz cada uno, apoyados en pilastras de obra de fábrica, siendo lo más notable que no entran en su construccion pernos ni hierros de ninguna clase.

La fig. 1768 es el detalle de construccion de una parte del puente correspondiente á una pilastra. La porcion A representa el revestimiento de tablas que preserva al entramado de las intemperies del tiempo y de la accion del sol. En B se ve el armazon sin el revestimiento; en C se representan los frisos que cubren las ocupaciones de las vigas.

La fig. 1769 es la proyeccion horizontal de la fig. 1768, y representa tres partes distintas: en A′ está proyectado el tablonado junto con los rails asentados en él; en B′ se encuentra la parte superior del armazon sin el tablado; en C′ se ve su parte inferior. Debajo del tablonado A′ se ve la proyeccion de una pilastra, representada por líneas de puntos; en B′, C′, están las proyecciones de las cruces de san Andrés que forman los contravientos.

La fig. 1770 es una seccion por un plano vertical perpendicular al eje del puente.

Por medio de estas tres figuras se ve que el puente está compuesto de dos cuchillos que forman los bordes y que sostienen todo el peso, constituyendo una verdadera armadura de forma invariable. Cada sistema de cuchillo se compone de dos entramados, muy semejantes en estructura, al que sirve de contraviento y de enviga-

do del piso del puente de Millingen, cuyos entramados resultan de la combinacion de los tablones puestos de canto que se cruzan formando un ángulo casi recto, constituyendo de este modo cinco filas de rombos. Los tablones están fijos entre sí por medio de dos clavijas de madera que les atraviesan á todos en los puntos de cruce. Cada ensamble está unido á cepo por tres filas de tirantes colocados uno arriba y dos debajo, que alcanzan toda la longitud del puente. Estos tirantes ó vigas horizontales se componen de seis gruesos de tablones puestos de canto sujetados igualmente con clavijas, de las cuales cada grupo forma un elemento á cepo. Estas gemelas horizontales que forman los tirantes, tienen 0'76^{m} de ancho por 0'33^{m} de grueso; y como alcanzan toda la longitud del puente, resulta que cada borde está formado por un solo cuchillo de 867 metros de largo, que hace el efecto de una sola viga, apoyada en diez y ocho pilastras y dos estribos.

Las cruces de san Andrés distribuidas á lo largo del puente, representadas en la figura 1770, conservan la posicion rectangular entre los grandes cuchillos verticales y el envigado horizontal.

En los primeros puentes construidos segun este sistema, el piso del puente en el cual se asientan los rails, descansaba en un envigado que se correspondia con los tirantes inferiores, y los superiores sostenian una cubierta. Posteriormente para los viaductos de ferrocarril se ha preferido establecer el piso en la parte superior, para poder combinar mejor las piezas de madera y establecer en caso necesario las cruces de san Andrés.

Hay quien supone que los puentes construidos por este sistema tienen, sobre los construidos sobre arcos, la ventaja de ser menos elásticos, puesto que si estos últimos tienen mucha luz, los trenes deben disminuir su marcha, mientras que en los construidos por el sistema de Town pueden pasar los trenes á gran velocidad.

CAPÍTULO L

PUENTES CON ARMADURAS Y TORNAPUNTAS O CADENAS

Pasillos. La fig. 1771 representa el caso mas sencillo de la combinacion de las armaduras con los tornapuntas. El pasillo (fig. 1791) es una modificacion del anterior.

Puentes de Palladio. Este puente, representado por la fig. 1755 es igualmente una modificacion de los anteriores.

En el puente de la fig. 1772, Palladio ha combinado tres armaduras en cada cuchillo de los bordes, y la del centro forma, por medio de sus prolongaciones debajo del tablonado ó piso del puente, tornapuntas como las del puente (fig. 1771).

Puente de Kandel. El puente construido sobre el torrente de Kandel, en el canton de Berna, en 1764, tiene 50'70 metros de luz; los dos cuchillos que le sostienen están separados de 4'60 metros de eje á eje. Este puente está cubierto, y su dibujo está representado por la fig. 1773, presentando la combinacion de las armaduras auxiliadas por péndolas gemelas *g*, que en cada cuchillo retienen á la pieza *a* y los tornapuntas *d*; las vigas transversales están ensambladas á cola de milano en las vigas longitudinales *a* entre las péndolas gemelas *g;* están comprendidas en el espesor de las vigas y reciben los tablones del piso, debajo de los cuales se encuentran las cruces de san Andrés cuyos brazos están en direccion de las diagonales de los rectángulos formados por las vigas.

Transversalmente al puente, debajo del tablonado, y entre las gemelas verticales *g* de los dos cuchillos, hay otras cruces de san Andrés, que forman otros tantos contravientos verticales.

Los tornapuntas, que tambien constituyen armaduras, son de abeto, y su escuadria mínima es de 32 centímetros. Las piezas principales del puente están algun tanto inclinadas, para que no haya flexion, estando ligadas por medio de una contraviga *f* en el centro del tramo.

Puente de M. Ganthey. La fig. 1774 representa el dibujo de este puente en el

cual se encuentran las mismas combinaciones aplicadas igualmente á una luz de 50 metros, y además la poca inclinacion dada á los tornapuntas motiva el aproximarlas unas á otras, dándoles otra disposicion.

Este puente debia colocarse sobre el Saone; debia estar cubierto y apoyar en pilastras de obra de fábrica. En atencion á la carga continuada que debia soportar, se le debian colocar tres cuchillos iguales, uno en cada borde y otro en el eje, con lo cual hubiera quedado dividido en dos vias longitudinales independientes.

PUENTES CON ARMADURAS Y CRUCES DE SAN ANDRÉS

Puente de Palladio. La fig. 1775 representa un puente por el estilo del de Cismona, en el cual Palladio ha formado dos cruces de san Andrés y añadido, entre cada péndola, unas descargas cruzándose con las primeras y formando las armaduras con los pares superiores.

En cuanto á los detalles, es exactamente igual al de Cismona.

Palladio compuso otro puente en el cual, por primera vez, por medio de una combinacion de compartimentos, presenta un sistema semejante al de las dovelas de las bóvedas de piedra, representado en la fig. 1776.

En este sistema de construccion se ve que la causa de la estabilidad del puente es la misma que en las bóvedas, pudiéndosela aumentar por medio de piezas de hierro. Los pendolones se dirigen todos al centro del arco. Las cruces de san Andrés conservan la estabilidad de la forma de cada compartimento. Los arcos pueden estar formados de una sola pieza curva, en cuyo caso, los pendolones serán gemelos. El tablonado ó piso del puente puede estar formado por viguetas ensambladas en los arcos inferiores.

Puente de San Clemente. Este puente reunia el sistema de los puentes sostenidos por tornapuntas y el de puentes suspendidos en armaduras. La fig. 1777 es una elevacion de este puente.

La fig. 1778 es una seccion por un plano vertical que pasa por el centro de su luz. Los cuchillos de los bordes formaban armaduras con tornapuntas, gemelas y cruces de san Andrés; y los tres cuchillos intermedios enrasaban con los largueros á los cuales sostenia.

PUENTES SOSTENIDOS POR VIGAS ARQUEADAS

Puente de Custrin. Las varias combinaciones de las piezas de madera en las armaduras, han dado lugar á sustituirlas por arcos para producir los mismos resultados.

Una de las construcciones más sencillas de esta clase es el puente de Custrin, en el cual los largueros de los bordes se sustituyen por unas piezas arqueadas que forman armadura.

La fig. 1779 representa uno de los tramos de este puente, notable por la sencillez de su construccion y su solidez.

La fig. 1780 es una seccion transversal del mismo tramo.

Cada palizada está compuesta de tres filas de pilotes *c*; los travesaños superiores *b* están colocados todos al mismo nivel; estas palizadas están separadas unos 13 metros unas de otras; los largueros *a* apoyan en unas entalladuras de los travesaños, correspondientes á los pilotes de las palizadas.

En los bordes del puente se encuentran unos regruesos horizontales *d* que apoyan en los primeros largueros, y que corres-

ponden verticalmente sobre los travesaños de las palizadas, colocados paralelamente á ellos; están ensamblados con los largueros por medio de entalladuras recíprocas, á un octavo del grueso de las maderas.

En cada tramo y á cada lado del puente se encuentra una viga de madera de roble *k* de mucha escuadria arqueada naturalmente, cuyas extremidades descansan en los durmientes *d*, ensamblando en ellos por medio de entalladuras. Todas las vigas de los tramos son enteras, bien alineadas y cuyas extremidades se tocan, formando baranda á cada lado del puente. Están retenidas con las zapatas por medio de pernos, y éstos á su vez lo están tambien por el mismo medio con los largueros y los travesaños.

La longitud de los largueros está dividida en tres partes iguales en cada tramo, y en cada punto de division está suspendida una vigueta horizontal *g*, unida por un perno resistente á cada una de las dos vigas arqueadas *k*.

Estas viguetas se cruzan por la parte inferior con los largueros, por lo cual les sostienen á todos en los puntos de su longitud, que, sin estos apoyos, resultaria una extension demasiado larga con relacion á su escuadria.

El firme ó piso está formado por tablones colocados al tope y fijados sólidamente en los largueros.

Puente de Feldkirch. Este puente, sobre el Rhin, es uno de los más antiguos en los cuales se hayan empleado piezas arqueadas para suspender el tablonado.

La fig. 1781 es un croquis de este puente, que está compuesto de dos grandes cuchillos extremos de 19'50 metros de luz. Las armaduras de los puentes de Suiza, descritos antes, se sustituyen en este puente por arcos en cada cuchillo. Cada arco está formado por dos séries de curvas de redientes. Estos arcos están unidos por gemelas verticales que sostienen el tablonado del puente, por medio de otras gemelas horizontales que aprisionan las extremidades inferiores de las primeras, pasando por debajo de los largueros.

Este puente está cubierto y sus dos lados revestidos exteriormente de tablas.

Puente de Mellingen. Este es el primer gran puente de esta clase que se ha construido, y data del año 1794.

La fig. 1782 es el alzado de este puente, el cual, como en los puentes de armaduras, el piso está sostenido por dos cuchillos, cuya pieza principal es el arco A, compuesto de siete séries de curvas unidas entre sí por medio de redientes.

La luz de este arco es de 48 metros; su desarrollo es la sexta parte de la circunferencia, cuyo radio es igual á esta misma luz. Este puente está cubierto y revestidas sus caras exteriores con tablas.

Las diez gemelas verticales B sostienen á la cubierta y á las gemelas horizontales H, en las cuales apoyan los largueros.

La viga arqueada y gemela E, compuesta de varias piezas empalmadas, retiene por sus extremidades los dos arranques del arco y todas las gemelas verticales, encontrándose al nivel de los largueros del tablonado y siguiendo su pendiente.

La otra gemela arqueada M, cuya curva es menor que la del arco principal, reune los ensambles de las gemelas verticales prolongadas hasta su encuentro.

La fig. 1783 representa la planta del puente tomada á alturas distintas. La de la izquierda se encuentra á la altura de la línea quebrada *a b* de la fig. 1782. Se supone que los tablones del piso no están colocados para que se vean los largueros, y el doble sistema de cruces de san Andrés colocadas debajo de ellos.

A la derecha, la planta representa la proyeccion horizontal del entramado de la cubierta sin el enlatado.

La fig. 1784 es el alzado de una de las entradas del puente.

La fig. 1785 es una seccion por la mitad de su longitud.

En la construccion del nuevo puente de Wittingen se suprimió el segundo arco inferior M, se añadió una contraviga en la mitad de la longitud de la viga E, la cual forma una de las cuerdas del arco, y dos tornapuntas que partiendo de los arranques del arco, terminan en aquélla.

Las cruces de san Andrés del tablonado ensamblan en los largueros, y por su número forman el envigado del piso.

Puente de Necker. Este sistema de arcos se aplicó igualmente á un puente de 19'49 metros de luz, sobre el Necker, en el Wurtemberg, cuyo dibujo está representado por la fig. 1786.

La fig. 1787 es una seccion por un plano vertical cuya traza es la línea *m n*.

En la fig. 1786 la línea *x y* es el nivel de las mayores aguas.

PUENTES APOYADOS EN ARCOS DE CARPINTERIA

La invencion de estos puentes es muy anterior á la de los puentes sostenidos por arcos, los cuales han dado lugar á un sinnúmero de combinaciones más perfeccionadas que ofrecen mayor seguridad que cualquier otro sistema de puentes suspendidos á armaduras ó á arcos de círculo, puesto que en estos últimos la caida del piso puede resultar de la rotura de una de las piezas empleadas para sostener, debiendo resistir las maderas á una fuerza de traccion, mientras que en las combinaciones de que se tratará ahora, las maderas deben resistir solamente á presiones en sentido de sus fibras.

Puente de Trajano. El puente de madera sostenido por arcos más antiguo que se comoce, es el de Trajano, el cual atraviesa el Danubio, en la Baja-Hungria.

Este puente está representado por la figura 1788, en el cual cada tramo está formado por varios cuchillos que constan de tres arcos separados, combinados con péndolas gemelas que sostienen las vigas del puente, y éstas á su vez á un sinnúmero de viguetas transversales del tablonado. Las barandillas son independientes de los arcos. En los espacios correspondientes á las pilastras, se colocaron caballetes para el mejor sostenimiento de las vigas longitudinales.

Puente de Chazey. Este puente es del mismo sistema que el de Trajano, habiendo servido de modelo á muchos otros puentes de esta clase. Estaba compuesto de cuatro arcos de 19'50 metros de luz apoyando en pilastras y estribos de obra de fábrica; los arcos de cada cuchillo, colocados debajo del tablonado del puente, se componian de dos séries de piezas sobrepuestas ensambladas con redientes, talladas en arco de círculo y unidas por pernos, distribuidas entre las péndolas gemelas; los tornapuntas se encontraban entre los arcos y los largueros horizontales con el objeto de sostener á éstos entre los puntos de apoyo de los vértices de los arcos y los paramentos de las pilastras y de los estribos.

Proyecto de M. Migneron. La fig. 1789 es el dibujo de este puente, en el cual la parte de la derecha es un alzado y la de la izquierda una seccion longitudinal entre los dos cuchillos, segun la línea *x y* de la fig. 1790, que es una seccion por *v z* de la figura anterior.

Este puente debia componerse de 11 cuchillos y tener 12 metros de ancho entre barandillas; su arco principal y los demás arcos debian estar ligados en cada cuchillo por 49 péndolas gemelas.

A pesar de lo atrevido de su combinacion, no llegó á ejecutarse este puente por temor á su poca resistencia, debida á la poca curvatura de los arcos que inspiraban poca seguridad; por otra parte, la

inmensa cantidad de madera que debia emplearse en él no ofrecia compensacion alguna, puesto que mucho más económico hubiera sido el establecer pilastras intermedias, con una combinacion de piezas más sencilla.

Puente de Ivry. Tanto el puente de Chazey como las varias tentativas que se hicieron para imitarle, han demostrado plenamente que el sistema de arco formado por varias séries de piezas curvas reunidas, es el mejor que pueda seguirse para la construccion de los puentes de madera.

Entre todos los puentes de esta clase que se han construido, el más notable y que reune todos los perfeccionamientos es el de Ivry, construido en 1828 sobre el Sena, y cuyo alzado de uno de sus arcos representa la fig. 1792.

La fig. 1793 es un desarrollo de la parte inferior del puente, en el cual la línea *m n* corresponde á su eje, y la línea *a' b'* corresponde á la línea *a b* de la figura anterior.

La fig. 1794 es una seccion por un plano vertical por *a b* y *a' b'* del alzado y de la planta.

Este puente está compuesto de cinco arcos; el del centro tiene 23'75 metros de luz, los dos contiguos á éste tienen 22'50^{m}, y los dos arcos de los extremos tienen 21'25 metros, por los cuales pasan los caminos de los bordes del rio. Las pilastras tienen 2'75^{m} de grueso; así pues, la longitud total del puente es de 122'25 metros. La parte superior del puente forma dos pendientes para que el arco central pueda permitir el paso de las embarcaciones. Los arranques de los arcos se encuentran en el mismo plano horizontal á 6 metros sobre la cimentacion.

Las flechas de los arcos son de 3'62^{m} para el arco central, de 2'34^{m} para los dos contiguos á éste, y de 3 metros para los que apoyan en los estribos. El grueso del entramado correspondiente á los vértices de los arcos es el mismo, y las dos pendientes del piso del puente son simétricas, de 0'014^{m} por metro entre cada estribo y el arco central, en cuyo punto afectan la forma de una parábola.

Los arcos se componen de tres séries de curvas. El intrados de los arcos se traza por medio de una cimbra, cuyos radios eran:

de 20'315^{m} para el arco primero y quinto;
de 20'60^{m} para el arco segundo y cuarto;
de 21'302^{m} para el tercer arco y el central.

Como á medio de comprobacion, los puntos de estos mismos arcos de intrados se determinaron además por el cálculo, y los puntos de la parábola del vértice del puente así como los de los largueros del arco central, se calcularon igualmente, visto que, por su curvatura tan rebajada, no era posible determinarlos gráficamente.

Entre las causas de destruccion de los puentes de madera, las más poderosas son las vibraciones y los movimientos de torsion ocasionados por el paso de los vehículos cargados, cuyo efecto aumenta por la contraccion que esperimentan las maderas debido á la desecacion y á la holgura de las juntas.

Para evitar los inconvenientes de la penetracion mútua de las fibras de las maderas colocadas al tope en la composicion de los arcos, se interpusieron placas de cobre en todos los contactos de las ocupaciones de dichas piezas.

Para que las maderas pudieran tener algun desahogo en las partes que apoyaban en la fábrica, se dejó, entre la piedra y las caras laterales de las piezas, un espacio de 0'01^{m}, que puede llegar hasta 0'03^{m}. Las ocupaciones se cortaron perpendicularmente á las tangentes de cada pieza curva que formaba parte de cada arco, de modo que sus ocupaciones en la piedra eran distintos, y no se encontraban en un mismo plano como

se hacía antes; en fin, para que el agua no pudiese introducirse en las ocupaciones de los arcos, la primera serie de curvas se colocó, en cada arranque, sobre una zapata de fundición de hierro con dos conductos inferiores para que pudiese desviarse el agua hacia el paramento exterior.

Todas las maderas empleadas en la construcción de este puente eran de la mejor calidad y escogidas, bien escuadradas casi á arista viva, bien aplanadas con la garlopa, sin la menor adherencia de corteza, todo ello con el objeto de que los arcos resultasen bien limpios y unidos.

Todas las piezas arqueadas se escogieron con curvatura natural análoga, y á falta de esto se labraron las piezas que faltaron con maderas rectas ó de curvatura incompleta, si bien con ello se cortaban las fibras.

En el puente de Ivry se empleó un medio muy bueno para poder comprimir bien las curvas, y es el emplear bridas dando al propio tiempo cierta inclinación á las entalladuras entre las péndolas gemelas y las gemelas horizontales. Esta inclinación da lugar á que los fondos de las entalladuras obren como cuñas, como está proyectado en las entalladuras de las gemelas de la fig. 1795.

Los detalles de este ensamble se ven igualmente en la fig. 1796, que es la sección de un arco de un cuchillo paralelamente á una péndola gemela, y en la figura 1797, cuya parte superior es al propio tiempo la elevación, y la parte inferior una sección por un plano paralelo al paramento del arco.

En ambas figuras, las mismas letras indican las mismas piezas: *a*, *a*, *a* son las tres series de las piezas del arco; *b*, *b*, las péndolas gemelas; *c*, *c*, las gemelas horizontales.

La fig. 1798 es una proyección de la segunda péndola gemela de la derecha de la fig. 1792.

La fig. 1799 es la gemela corta, vista por una de las caras de ensamble, en dondo se encuentran las entalladuras *m* y *n* para las gemelas transversales y la entalladura *p* para el arco. La entalladura *q* corresponde á los largueros.

La inclinación de los fondos de las entalladuras que se encuentran en sentido contrario en las gemelas horizontales del intrados con relación á las del extrados, da lugar á que, al resbalar estas gemelas sobre los fondos de las entalladuras, igualmente inclinadas, de las péndolas gemelas, retienen con fuerza á los pares curvos de los arcos. A pesar de ser este medio muy ingenioso, podría producirse el mismo efecto, y quizás con más vigor aún, por medio de pernos que atravesasen á las gemelas horizontales y á los arcos, y no se crea que con ello puedan debilitarse las piezas de los arcos, puesto que si se ocupan bien los agujeros no puede abrigarse ningún temor, en particular si estas piezas no deben resistir ningún esfuerzo de tracción.

En la parte del desarrollo del intrados de un arco representado por la figura 1793, los virotillos se colocan diagonalmente á los compartimentos formados por los arcos y las gemelas horizontales; y si bien forman contravientos indispensables para contrarrestar las vibraciones horizontales del puente, tienden á que las péndolas gemelas se tuerzan sobre sí mismas, por lo cual sería preferible establecerles entre las gemelas horizontales.

Las vigas ó piezas de puente están colocadas transversalmente sobre los largueros de los cuchillos en número igual en cada tramo y distribuídas casi igualmente; sus extremidades forman modillones que coronan las dos extremidades del puente; los tablones de 0'10^{m} de grueso por 20 á 30 metros de largo, espaciados de 0'03^{m} para la circulación del aire, hacen las veces de largueros y reciben un lecho de tablones de 0'05^{m} de

grueso, que se cruzan á ángulo recto con los primeros y forman el piso del puente.

Las aceras están formadas por vigas longitudinales que apoyan en el piso del puente por medio de falsas piezas ensambladas por entalladuras que se cruzan con las primeras.

PUENTE RUSO. La fig. 1800 es el alzado de un puente de un arco de 45 metros de luz.

La fig. 1801 es su proyección horizontal.

La fig. 1802 es la sección por la línea *m n*.

Lo más notable de este puente es que sus arcos están formados por tres gruesos de tablones unidos entre sí por medio de pernos que, en vez de estar retenidos por las péndolas gemelas, son ellos los que retienen á éstas; de modo que las dos piezas de una gemela retienen á los tablones del centro, y ellas á su vez lo están por los dos tablones laterales.

Esta disposición que, bajo ciertos puntos de vista, puede admitirse, tiene el inconveniente de dejar las ocupaciones de los tablones, que no pueden ser de una sola pieza, al descubierto. Las péndolas gemelas se prolongan de dos en dos hasta los largueros, con cuya combinación no es posible asegurarles una estabilidad completa.

Con motivo de la construcción de este puente, debe observarse que la fuerza obtenida por medio de arcos separados no es tan grande como la que resultaría del mismo número de arcos en uno solo. Sobre lo que se dice de la resistencia á las vibraciones resultantes de la flexibilidad de los arcos, debe notarse también que, para que la estabilidad de un entramado sea lo más perfecta posible, es preciso que las porciones de arco comprendidas entre las gemelas tengan el mayor espesor posible, ó sean suficientemente cortas para que no den flexión sensible.

En las construcciones en las cuales la carga deba moverse en sentido de la longitud de un cuchillo, un arco delgado se doblará siempre entre los puntos tomados por las gemelas, y por lo tanto será perjudicial á la solidez de la obra, puesto que, obligándole la carga á disminuir de curvatura en el punto en donde ejerce presión su esfuerzo, le obliga, al propio tiempo, á adquirir una curvatura mayor en el punto simétrico al otro lado del eje vertical del arco. La variaciones de curvatura cambian contínuamente las formas de los entramados, deterioran los ensambles y motivan la ruína del edificio: así pues, en este caso, serán preferibles siempre las piezas rectas bien combinadas que formen las cuerdas del arco, puesto que no están tan sujetas á cambiar de formas, como sucede con las piezas curvas muy delgadas.

CAPITULO LI

SISTEMA DE M. WIEBEKING

A M. Wiebeking se deben los grandes progresos en la construcción de puentes por medio de maderas curvadas para formar arcos, cuyo sistema difiere de los ya descritos, en cuanto suprime las péndolas gemelas, de modo que forma grandes arcos, curvando las maderas sin emplear para ello ni el vapor ni el hacha.

El armazón de cada arco se compone de tres cuchillos, cuyos arranques están empotrados en los estribos.

Las péndolas gemelas tienen en verdad el inconveniente de cargar demasiado los cuchillos de los puentes, de no ligarlos entre sí, de no ajustar unas con otras las piezas curvas que componen un arco, y de no impedir el que puedan inclinarse lateralmente; por lo tanto en la construcción ordinaria, para evitar estos inconvenientes, deben ligarse los cuchillos unos con otros por medio de gemelas horizontales, interponiendo cruces de san Andrés entre los cuchillos, que cargan aun más entramados.

Con relación á la luz de los arcos, los tramos grandes motivan un menor número de palizadas, que, como se ha dicho, cuantas ménos haya, menores serán los obstáculos al curso de las aguas, lo cual ha dado lugar á que puedan curvarse con más facilidad las piezas.

Con este objeto M. Wiebeking ha hecho los experimentos siguientes:

1.° Las maderas en bruto, esto es, con la corteza, tienen mucho mayor grado de flexibilidad que las maderas escuadreadas. Una viga de abeto escuadreada, de 16'73^m de largo por 0'39^m de grueso, se puede curvar hasta alcanzar una altura de flecha de $^1/_{36}$ de su longitud, mientras que la flecha de la curvatura de la misma pieza en bruto puede ser $^1/_{13}$ de su largo;

2.° Las piezas escuadreadas colocadas unas sobre otras, son susceptibles de mayor curvatura que una pieza sola;

3.° Las maderas resinosas, embalsadas más de diez días, no son convenientes para curvarlas;

4.° La madera de pino es más elástica que la de abeto, y el alerce más que el pino y, en general, las maderas resinosas son más elásticas que el roble y la encina;

5.° Las piezas de madera resinosa, tales como el pino y el abeto, sin estar completamente secas, la flecha de su curvatura alcanza $^1/_{20}$ de su longitud, para las piezas de 0'292^m de escuadria, y de $^1/_{30}$ para las de 0'39^m;

6.° La curvatura de las piezas de roble sin secar sólo permiten una flecha de $^1/_{26}$ de su longitud.

Estas curvaturas han sido suficientes para que M. Wiebeking haya construído puentes de 31'197^m de luz con un radio de 60'35^m, como á mínimo, siendo el puente de mayor luz de 58'312^m con un radio de 77'555^m.

Basándose en estos experimentos, podría cargarse el centro de estos arcos con un peso de 67'555 kilogramos antes que puedan dar una flexión de $^1/_9$ de su flecha.

Para demostrar la bondad de su invento, este constructor hizo el proyecto de un puente de un solo arco de 175 metros de luz, cuyos arranques se introducían profundamente en los estribos, con el objeto de imprimir la vibración del puente, con más eficacia aún que no por medio de contravientos, en atención al gran aumento de fuerza que adquiere una viga cuando sus extremidades tienen una buena entrega en los muros que la soportan, procurando siempre que su construcción permita la circulación del aire para que no se pudran.

Puente de Bamberg. La fig. 1803 es el alzado de uno de los arcos del puente construído en 1809 por Wiebeking cerca de Bamberg, el cual sustituyó al de obra de fábrica arrastrado por la corriente del Regnitz en 1784, debido á que los pilotes de los cimientos de las pilastras y de los estribos no estaban convenientemente asegurados en el lecho arenoso en que se asentaban, lo cual dió lugar á que se fueran descalzando paulatinamente, ocasionando no tan sólo la ruína del puente, sí que también la de 34 casas que se encontraban á su alrededor. La mayor altura del lecho del río debido á los escombros del antiguo puente y las dificultades que presentaba la naturaleza del terreno, determinaron á M. Wiebeking á construir el nuevo puente de un sólo tramo ó arco de 26'62 metros de luz, en el mismo emplazamiento del de fábrica.

Los arranques del arco de madera se encuentran á 2'138^m sobre el nivel del agua, y los zampeados de los estribos están á 0'292^m debajo del mismo nivel. La cimentación de estos estribos es muy sólida, consistente en pilotes hincados en los puntos que la cimentación derruída permitía; los huecos del emparrillado ó zampeado se rellenaron con ladrillos y cemento. Las piedras que se arrancaron del antiguo puente se emplearon en la construcción de los estribos del de madera.

Todas las piezas empotradas en los estribos se embrearon convenientemente, y las juntas se impregnaron con aceite caliente revistiéndose con planchas de plomo.

A pesar de la opinión de M. Wiebeking, estas precauciones no son suficientes para preservar completamente de la podredumbre á las maderas privadas del aire, como se colocaron las de este puente. Muy conveniente es, en verdad, que los arranques de los arcos penetren en el macizo de los estribos; no obstante, al practicar este buen sistema de consolidación, debe recurrirse al propio tiempo á otros medios para la conservación de las maderas, recordando con este objeto el procedimiento de Kyan de que se ha tratado en los primeros capítulos, así como también los de Breant y del doctor Boucherie.

El sistema de Breant consiste en impregnar las maderas con una disolución de sulfato de hierro, por medio de una presión muy enérgica operada con una

bomba sobre el líquido contenido junto con la pieza de madera, en un gran cilindro de hierro cerrado herméticamente. Este procedimiento es tan enérgico que los líquidos aceitosos y hasta los resinosos penetran perfectamente bien en el interior de las celdas vegetales, considerándose como muy probable que hasta las partes excesivamente compactas de los nudos y del corazón de ciertas maderas que resistan á esta imbibición, quedan igualmente preservadas de cualquier causa de deterioro que pudiese ocurrir en ellas.

El sistema de Boucherie tiene aun mayor importancia si cabe que el de Breant, y se refiere á la conservación de las maderas aplicando el procedimiento á los mismos árboles antes de cortarles ó que conserven aún algunas de sus facultades vitales.

Boucherie se propone con ello dar mayor duración á las maderas que en su estado natural, conservarles su elasticidad, preservarlas de las variaciones de volumen que experimentan por las alteraciones de sequedad y humedad, el disminuir su combustibilidad, aumentar su tenacidad, su dureza, y comunicarles, en fin, ciertos aromas variados y permanentes.

Todo ello se obtiene por medios muy sencillos y poco costosos y nuevos, empleando substancias de bajo precio.

Para hacer penetrar en un árbol las substancias preservatrices colorantes aromáticas, M. Boucherie no emplea ningún procedimiento mecánico, sino que utiliza la fuerza absorbente del vegetal para que desde la base del tronco hasta las ramas circulen todos los líquidos que se quieran introducir en su organismo, mientras no pasen de ciertos límites de concentración.

Al cortarse un árbol cualquiera, que está en la fuerza de su savia y se sumerge su tronco en un depósito que contenga el líquido que se quiera hacerle absorber, no tardará mucho tiempo sin que éste lo haya comunicado hasta las hojas, de modo que todo el tejido vegetal se encontrará invadido por dicho líquido, excepto la parte del corazón que, como ya se sabe, cuanto más vieja sea más resistirá á la penetración.

Para que se verifique la circulación del líquido, no es necesario que el árbol posea todas sus ramas y hojas; basta simplemente que se le deje una rama en su punta para que la absorción se verifique.

Para que tenga lugar la absorción, basta practicar un corte con una sierra, al rededor del pie del árbol, por cuyo punto se hace comunicar el líquido.

Para aumentar la dureza y duración de la madera impidiendo que se produzca la carcoma seca ó húmeda, se emplea el pirolignito de hierro, cuya substancia es el producto del ácido piroleñoso de la fabricación del carbón, puesto en contacto en frío con las limaduras de hierro. Este líquido contiene una gran cantidad de creosota, substancia que tiene la propiedad de endurecer las maderas preservándolas de la podredumbre.

El empleo de un cloruro terroso es un procedimiento muy económico para contrarrestar las variaciones higrométricas, conservando al propio tiempo la flexibilidad de las maderas, así como también las preparadas con las disoluciones salinas.

Las maderas en forma de tablas delgadas se las puede torcer y retorcer en sentido contrario sin que se abarquillen. En cuanto á la acción del fuego, queman con mucha dificultad.

M. Boucherie da igualmente colores variados á las maderas; el pirolignito de hierro da un tinte pardo que armoniza muy bien con las partes más compactas de la madera, en donde no puede penetrar el líquido. Dando una capa de materia tanina después del pirolignito, se produce el negro de tinte en la masa de madera; haciendo absorber prusiato de potasa se obtienen venas azules; introdu-

ciendo sucesivamente acetato de plomo y cromato de potasa, se forman tintes amarillos; haciendo penetrar simultáneamente estas varias substancias, se obtienen tonos muy variados.

El puente de Bamberg está sostenido por tres arcos: dos laterales que forman los bordes y uno en el centro. Los cuchillos de los bordes son dobles, es decir, que constan de dos arcos contiguos, y el del centro es sencillo.

Todas las curvas de este puente son de pino y abeto y tienen de 0'36^m á 0'39^m de altura, convenientemente retenidas unas con otras por medio de pernos.

Los arcos se mantienen á distancia por medio de travesaños que los atraviesan entre las curvas. Las péndolas gemelas que retienen á los travesaños, independientemente de los arcos, son las que sostienen los largueros en los cuales apoya el envigado del piso. El ancho de este puente es de 9'33^m, está adoquinado y las aceras están formadas por baldosas de piedra.

Los paramentos de este puente están revestidos de tablas colocadas en dirección de los radios de los arcos, en la parte correspondiente á éstos, es decir, que forman verdaderas dovelas, y en el resto de la obra las tablas están colocadas horizontalmente como si fuesen hiladas, todo lo cual le da el aspecto de un puente de sillería.

PUENTE DE SCHARDING. La fig. 1804 es el alzado del puente de mayor luz construído por el sistema de Wiebeking, el cual consta de un arco de 58'312 metros; su flecha es de 5'44^m, y el radio de 77'556^m. Cada uno de sus estribos consta de dos partes, de las cuales la primera soporta los dos arranques del puente. La cimentación se compone de 55 pilotes de 4'082^m de hinca, cuyas cabezas se introducen en una gruesa y sólida fábrica de hormigón.

El arco se compone de tres gruesos; los dos laterales están formados cada uno de ellos por dos series enteras de curvas *a, b*, que cogen todo el desarrollo del ojo del puente, y á cada lado, de las partes de arco compuesto igualmente de dos curvas *c, d, g, f*. Estas seis series de curvas apoyan en la parte del asiento *m n* correspondiente á la primera parte del estribo.

Las otras series de curvas *i k*, forman otro arco que alcanza la misma altura que el primero, y que apoya en las prolongaciones de los asientos *m n*. Su cuerda es de 70'849 metros, su flecha de 4'665^m y su radio de 135'867^m. El cuchillo del centro del puente es semejante á los de los bordes, estando formado por las curvas *a, b, c, d, f, g;* cada cuchillo está retenido en sus arranques por las columnas de apoyo *n o*, que no son más que gemelas verticales.

Tanto el arco central como los laterales interiores penetran 4'337^m en los estribos, y los arcos exteriores penetran también 8'164^m.

Los arcos exteriores están unidos á los interiores correspondientes por medio de los pernos 1, 2, 3, teniendo por objeto impedir la inclinación del puente. Las varias partes de las curvas están unidas por pernos perpendiculares á ellas.

Las juntas de una serie de curvas no se corresponden con las de la serie contigua, estando consolidadas por pernos colocados muy cerca de sus entalladuras y reforzadas por travesaños que atraviesan horizontalmente á las curvas. Entre las curvas se colocan llaves *u* para impedir puedan resbalar unas sobre otras.

En vez de cruces de san Andrés, se colocan una especie de tabiques verticales *p q*, compuestos de piezas horizontales, sobrepuestas y unidas por grandes redientes y pernos.

La fig. 1805 es una sección por un plano vertical, según la linea *x y* de la figura 1804, no habiéndose marcado en ella

ni los grandes redientes ni los pernos que unen entre sí á las piezas horizontales.

La fig. 1806 es la planta ó proyección horizontal del puente, en donde están señaladas las posiciones de los arcos, así como también el envigado del piso y las cruces de san Andrés horizontales que sirven de contravientos.

Estas cruces de san Andrés no están ensambladas á caja y espiga; descansan simplemente en esperas, y sus ocupaciones están ajustadas en ellas por cuñas *r* introducidas con fuerza. Estas cuñas son de roble ó encina impregnadas de aceite caliente y después jabón, para que resbalando puedan introducirse con más facilidad.

Los pernos mayores empleados en este puente tienen un diámetro de 36 milímetros y medio, y los medianos 30 milímetros y un tercio.

Puente de Ettringen. M. Wiebeking construyó en 1807 un sistema de arcos diagonales, aplicándolo al puente de Ettringuen, dándole muy buenos resultados.

Este puente consta de un solo arco de 42,985 metros de luz por 2'405^{m} de flecha, y está compuesto de tres arcos, á poca diferencia como los anteriores; los contravientos están sustituídos por dos cuchillos diagonales que se cruzan en el vértice del arco central, y cuyos arranques se encuentran muy cerca de los de los arcos de los bordes, en los puntos diagonalmente opuestos.

Teniendo en cuenta los límites de flexibilidad de que se ha hablado antes, M. Wiebeking ha fijado las alturas de flecha que conviene dar á los cuchillos de los arcos, con relación á la longitud de sus cuerdas, en esta forma:

La flecha es de	$^1/_{24}$ (1'25^{m} á 1'50)	para una cuerda de	30 á 36	metros.
—	$^1/_{20}$ (3^{m} á 3'33)	—	60	»
—	$^1/_{15}$ (6 metros)	—	90	»
—	$^1/_{14}$ (8'30^{m})	—	116	»
—	$^1/_{13}$ (11'15^{m})	—	145	»
—	$^1/_{12}$ (14'60^{m})	—	175	»

Se comprende que entre estos límites se puede variar la curvatura de una cantidad insignificante, según obliguen á ello la altura de las aguas y los puntos de apoyo de los puentes.

Los espacios entre los travesaños horizontales y los pernos que ajustan las curvas, Wiebeking las fija de 5^{m} á 5'50 y 6 metros para los travesaños, y la distancia de los pernos no debe pasar nunca de 3'50^{m}.

Como ya se ha dicho, la curvatura de las piezas no se obtiene ni por medio del fuego ni del vapor, sino por palancas, crics, cabrestantes y cabrias, manteniéndose las piezas en su nueva forma por medio de estacas muy resistentes, clavadas en el terreno y unidas entre sí por travesaños, en donde se las deja por espacio de dos ó tres meses, y así, recibiendo las acciones atmosféricas, ya no pueden deformarse al retirarlas.

Puente de Altenmarkt. Este sistema de construcción de puentes empleando grandes arcos, á pesar de sus buenos resultados tuvo sus contrarios, pretendiendo que sólo podían construirse empleando piezas de gran escuadria; sin embargo, M. Wiebeking demostró en la construcción del puente de Altenmarkt que estos grandes arcos pueden ejecutarse igualmente utilizando toda clase de maderas, pues precisamente en la comarca en donde se construyó este puente no existían maderas grandes.

El puente de que se trata debía tener 43'151^{m} de luz, una flecha de 4'082^{m} y un ancho de 5'830^{m}; por lo tanto, cons-

truyó los cuatro cuchillos de este puente con tablas. Los cuchillos laterales están compuestos de dos curvas de 0'267m de grueso por 0'243m de ancho. Los intermedios están compuestos por tablas de 0'194m de ancho por 0'049m á 0'073 de grueso. Las capas superiores é inferiores de estos cuchillos son de tres tablas qee se extienden en todo el desarrollo; entre estas dos capas intercaló otras doce de 0'049m de grueso por 5'54m á 6'12 de largo cada una.

Para obtener los cuchillos formados por tablas, se calientan éstas en una estufilla portátil, se da á sus superficies una capa de cola fuerte, y una vez juntadas dos de ellas, se las aprieta con fuerza dándoles la curvatura conveniente por medio de prensas y cuñas colocadas entre las tablas y los travesaños de las prensas.

El sistema de construcción de este puente no sólo se aplica con este objeto, sí que también para construir radapiés de escaleras, andamios, cimbras, y en general todos los trabajos de carpintería que exijan formas curvas.

Este sistema se asemeja mucho al de Emy, de que ya se ha tratado en capítulos anteriores.

En el condado de Durham, en Inglaterra, se construyó un puente de madera de unos 100 metros de luz, formado enteramente por varios gruesos de tablones puestos de plano, curvados y unidos entre sí formando un arco maciso; mas como no alcanzasen toda la longitud necesaria, estaban empalmados por las puntas, y las juntas cubiertas por gemelas horizontales.

SISTEMA DE M. L. LAVES

La aplicación más notable de este sistema, á causa de su extensión, es la que se refiere al puente de Hannover, cuya luz es de 29'20m y su ancho de 3'50m, empleándosele para peatones.

Este puente (fig. 180m) es de madera de encina, componiéndose de dos armaduras gemelas, en cada una de las cuales el larguero que sostiene el tablonado se encuentra entre los tirantes curvos y recibe los ensambles de rediente de éstos, que, en atención á la gran luz del puente, están formados, cada uno de ellos, de varias longitudes de maderas, ensambladas por simple empalme para los tirantes superiores. Las gemelas verticales de los cuchillos laterales están unidos en toda su extensión por cruces de san Andrés que, en los puntos en donde se cruzan, sostienen unos montantes, sobre los cuales apoya un larguero que se corre en mitad del tablonado. La fig. 1808 es una sección transversal de este puente.

M. Laves ha construído otros dos pasillos de 10'50 metros de luz cada uno, empleando la madera de abeto. Igualmente construyó, empleando su sistema, dos puentes para el paso de carruajes, de 17'50m de luz el uno (fig. 1809) y de 36'80 metros el otro. En estos cuatro puentes, las armaduras están espaciadas igualmente, y los tirantes superiores hacen las funciones de largueros que soportan sus tablonados respectivos, de modo que las armaduras se encuentran enteramente debajo de dichos tablonados.

Este sistema da construcciones muy ligeras y extraordinariamente económicas.

PUENTES EN ESVIAJE

Siempre que un camino encuentre oblicuamente un obstáculo que deba franquear, estableciéndose para ello un puente, éste deberá ser en esviaje, en particular si se trata de una corriente de agua, para que los paramentos de sus estribos y de

sus pilastras ó palizadas obstruyan lo menos posible el movimiento; lo mismo se verifica cuando un camino cualquiera deba pasar por encima de otro formando ángulo que no sea recto, siempre y cuando no sea éste tan agudo que acarree un coste escesivo, puesto que entonces es preferible buscar un punto cualquiera algo más lejano para establecer el puente.

Al establecer un puente en esviaje pueden labrarse las piezas que constituyen el armazon, tanto las de los estribos como las de las palizadas, dándoles este mismo esviaje, cuyo sistema está perfectamente conforme con los usos del arte, obedeciendo así á la ley de continuidad de las formas, para cuyos detalles de construccion bastaria repetir todo cuanto se ha dicho en capítulos anteriores al tratar de los *petos*, relativamente á las *canales* ó *aristas entrantes* y á los *cuchillos en esviaje*.

No obstante, se presentan casos en los cuales, con relacion á los varios detalles de construccion, no es posible observar esta ley, por presentar inconvenientes y dificultades muy difíciles de vencer, por cuyo motivo será conveniente exponer los varios medios que pueden emplearse para vencerlas.

Ciertamente que las formas resultantes de la ley de continuidad, en la construccion de los puentes, daria formas bastante graciosas; mas tambien, en ciertas circunstancias, podria darse el caso de que estas mismas formas no correspondiesen á la imperiosa condicion de resistencia que se les exige, en particular, á causa de las grandes dimensiones que debiesen darse á algunas caras de las piezas en esviaje, para que tuviesen la fuerza necesaria, ó para que los ensambles pudiesen labrarse con regularidad; del mismo modo, el esviaje puede motivar formas tales, que sea indispensable emplear maderas de escuadria exagerada; y tambien puede ocurrir que las piezas en esviaje se unan á las que deban recibirlas formando ángulos tales que la estabilidad de los ensambles no sea perfecta.

Todo ello ha dado lugar á un problema muy importante que se ha resuelto satisfactoriamente, prescindiendo del esviaje con relacion á los detalles de construccion, y atendiendo únicamente á él en el conjunto del edificio: así pues, cada cuchillo se labra como si debiese corresponder á un puente recto, pero colocándoles como formando parte de un puente en esviaje.

Así dispuestos los cuchillos, deben ligarse entre sí por medio de gemelas transversales, cuya colocacion da lugar á dos sistemas de puentes en esviaje.

PUENTE EN ESVIAJE CONSTRUIDO CON CUCHILLOS RECTOS Y GEMELAS TRANSVERSALES HORIZONTALES. La fig. 1810 es el alzado ó proyeccion vertical de un puente en esviaje sobre un plano vertical paralelo á los cuchillos, y por consiguiente paralelo al eje del camino *p q* de la fig. 1811.

La fig. 1812 es una seccion por un plano vertical paralelo al esviaje cuya traza es la línea *v z* de la misma figura 1811; luego la fig. 1812 es la proyeccion por *z y*.

Este puente consta de cinco cuchillos rectos, cuyos largueros y tornapuntas están combinados segun el sistema de M. Lomet, esto es, multiplicar el número de tornapuntas para poder dar mayor número de puntos de apoyo á los largueros.

El trazado de un cuchillo de esta clase se ejecuta como sigue:

Sobre la cuerda *a b* descríbase el arco de círculo *a d b* de 65 grados, cuyo centro se encuentra en el punto *c*; divídase el arco *a d b* en ocho partes iguales. Trazadas las gemelas verticales *m* que constituyen los montantes extremos de los cuchillos, así como el larguero principal *p p*, y el contralarguero *r r*, se traza á cada lado la primera gemela *p q*, de modo que su línea de centro pase por el primer punto *q* de la division del arco, de modo que su

ensamble con el larguero *p p* no toque á la gemela vertical *m*. Una vez trazada esta primera gemela, se divide la línea *p p* en seis partes iguales, y por sus cinco puntos de division y los otros cinco puntos de division del arco se trazan las líneas de centro de las demás péndolas gemelas.

La parte inferior del travesero horizontal *g* es tangente al arco de círculo. La cara inferior del primer contratornapuntas *h* de cada arranque es la cuerda de la primera porcion del arco; la que sigue *j*, correspondiente á dos porciones de la division del arco, tiene sus ocupaciones que coinciden con las del travesero *g* y las del contratornapuntas *h*. Para el resto del trazado basta consultar la figura.

Las péndolas gemelas son las que sostienen la barandilla, cuyos montantes intermedios se trazan por los puntos medios entre las péndolas.

El puente está compuesto de cinco cuchillos iguales, colocados paralelamente entre sí y equidistantes, pero de modo que sus puntos homólogos se encuentren en las horizontales paralelas al eje de la corriente, es decir, paralelas á la línea horizontal *v z* (fig. 1811), cuya inclinacion es de 113 grados.

Las gemelas verticales en las cuales apoyan los cuchillos están aplicadas contra los estribos en los paramentos verticales *x*, perpendiculares á los ejes de los cuchillos; de modo que, ejerciéndose los empujes sobre dichos planos y encontrándose dichas gemelas empotradas en la obra, no puede verificarse ningun movimiento de torsion resultante del esviaje.

La parte de la izquierda de la fig. 1811 presenta el armazon del tramo del puente visto por arriba; la de la izquierda presenta la parte superior de los tablones del piso, clavados en los largueros perpendicularmente al eje del puente.

Para que los cuchillos permanezcan equidistantes, están ligados unos con otros por medio de gemelas horizontales, una de las cuales, la *f*, retiene á las péndolas gemelas verticales del vértice de los cuchillos. Una vez determinados su grueso y su ancho, es muy fácil proyectarla horizontalmente, y trazar su proyeccion vertical. Para proyectar las otras dos gemelas *k*, véase la fig. 1813, que no es más que un fragmento de la fig. 1811.

Por las aristas de las péndolas gemelas *o*, que son las más próximas al eje del rio, se hace pasar un plano cuya traza es la línea 1-2-3-4-5 (fig. 1811), sobre el plano horizontal que pasa por las extremidades inferiores de estas mismas aristas, cuyo plano horizontal tiene por traza vertical la línea *o o* (fig. 1810).

La traza horizontal 1-2-3-4-5 se proyecta en 1-2-3 (fig. 1813). Las proyecciones de las gemelas correspondientes á los puntos 1-2-3 de la fig. 1811 están trazadas en líneas de puntos en la fig. 1813, y con líneas seguidas colocadas en perspectiva. La gemela horizontal que retiene á las péndolas gemelas y cuyas caras deben ser perpendiculares á las aristas de éstas, está proyectada por las líneas *a e*, *o i* paralelas á la línea 1-2-3.

La posicion de esta gemela se determina de modo que ocupe á poca diferencia el centro de las péndolas gemelas de los cuchillos interiores.

A *b* (fig. 1813) es una proyeccion de la péndola gemela correspondiente al punto 1 sobre un plano vertical perpendicular á la líaea 1-2-3, rebatido sobre el plano horizontal que gira al rededor de su traza horizontal *a d*. La gemela horizontal está trazada en *g g'* vista por un extremo, haciendo *a g* igual á *f-g'* medida en la perspectiva; el rectángulo *g g'* que marca la escuadria de esta gemela, tiene sus aristas proyectadas horizontalmente en 7-7'', 7'-7''', 6-6'', 6'-6''', y su longitud se determina por la línea 6'-7 (fig. 1813). Las proyecciones de las aristas de esta gemela se proyectan en *k* (fig. 1811).

La proyeccion de la gemela horizontal

está trazada en x x (fig. 1813) en la cual se ven las entalladuras para las péndolas gemelas.

En este trazado se ha supuesto que son las gemelas horizontales las que llevan entalladuras y no las péndolas, á causa de la pequeñez de la escala.

El esviaje de este puente es tal, que las entalladuras de las gemelas horizontales tienen sus diagonales paralelas, á poca diferencia, á las aristas de las gemelas, lo cual es muy conveniente para que las dos mitades de cada gemela puedan colocarse con facilidad sobre las piezas que deban retener; sin embargo, no siempre la direccion de las gemelas se presta á ello.

La fig. 1814 indica el modo de disponer las caras de junta de las gemelas cuando las diagonales de las piezas retenidas no se encuentren sobre la línea a b, que deberia ser la junta de las gemelas. La junta 1-2 es la más sencilla ciertamente, pero tiene la desventaja de facilitar el resbalamiento; la junta 3-4 es preferible á la anterior por ser perpendicular á los ejes de los pernos.

Sistema del viaducto en esviaje de Asniéres. El puente-viaducto de Asniéres establecido sobre el Sena para el paso del ferro-carril de París á Saint-Germain, y que se reemplazó despues por otro de plancha de hierro, presenta la segunda aplicacion de gemelas transversales en los puentes en esviaje: este puente consta de cinco arcos en esviaje apoyados en pilastras de obra de fábrica, representado por las figs. 1815, 1816 y 1817.

El ángulo de desviacion, es decir, el formado por el eje de la via ó del puente con el de la corriente, es de unos 76.° 30′; mas para poder representar las figuras con mayor claridad, se las ha trazado con un ángulo de 68°.

Los arcos tienen unos 30 metros de luz y 4‘80.^{m} de flecha; sin embargo, para la demostracion de este sistema, y sin cambiar absolutamente la combinacion de las piezas del verdadero puente, se supone que tiene un solo arco, establecido entre dos estribos, tal como representa la figura 1815, que es su alzado.

La fig. 1816 es la planta de un estribo. El arco de cada cuchillo está compuesto de cuatro séries de curvas escuadreadas y labradas á arista viva, habiéndoseles establecido como si se tratase de un puente recto; son paralelos y colocados á igual distancia unos de otros, y sus arranques apoyan en planos cuyos horizontales son perpendiculares á los ejes de los cuchillos. Por consiguiente, los intrados de estos arcos están proyectados verticalmente en los arcos de círculo $a\,b\,e$, $a'b'e'$, $a''\,b''\,e''$, $a'''\,b'''\,e'''$, $a''''\,b''''\,e''''$, cuyos centros se encuentran sobre las verticales $b\,o$, $b'o'$, $b''o''$, $b'''\,o'''$, $b''''\,o''''$. El arco de círculo del centro, $a''\,b''\,e''$, está dividido en 18 partes iguales entre dos puntos próximos á los arranques a'', e''. Si por el centro del arco $a''\,b''\,e''$ se supone una horizontal perpendicular á este arco y al eje del puente, y por esta horizontal y por los puntos de division se hacen pasar una série de planos, las trazas de todos estos planos determinarán sobre el plano de las proyecciones verticales las posiciones de las péndolas gemelas de todos los cuchillos; la línea $x\,y$ es una de estas trazas. Las trazas de estos planos sobre el paramento de cada cuchillo son las líneas de centro de dichas péndolas gemelas en estos mismos planos se encuentran las juntas de las gemelas transversales que unen á los cuchillos.

Una vez trazados en los cuchillos laterales los gruesos de las péndolas gemelas paralelamente á las trazas de los planos que pasan por el eje horizontal comun, estos gruesos quedarán determinados en los restantes cuchillos.

Los anchos de las gemelas transversales se determinan tambien por medio de paralelas á las líneas de centro de las péndolas gemelas; sus posiciones lo son, para la de intrados, con la condicion de que

deben forzosamente coger dos arcos de los cuchillos laterales, y con relacion á las de extrados, con la condicion de que sean paralelas á las primeras y estén lo más cerca posible del arco. Por medio de esta construccion, la línea de centro de las gemelas transversales se encuentra sobre una superficie alabeada.

Supóngase que sobre un plano perpendicular al de proyeccion vertical, cuya traza es la línea *xy*, se proyectan las péndolas gemelas y las dos gemelas transversales; este plano cortará al plano horizontal de los arranques, cuya traza es la línea *ae*, segun la línea *yy* (fig. 1817) proyectada en el punto *y*.

Si la proyeccion hecha sobre este plano se rebate sobre el plano horizontal (figura 1817), esta figura representa la proyeccion del plano de entramado formado por las cinco péndolas gemelas correspondientes á la línea *xy* de la fig. 1815, cuya proyeccion es muy fácil de ejecutar, puesto que todas las distancias á la línea *yy*, están tomadas sobre la línea *xy*, á partir del punto *y*, y recíprocamente; los puntos que determinan las extremidades de las gemelas transversales, se proyectan de las figs. 1817 á 1815, para marcar en ella estas extremidades en proyeccion vertical.

Si se tratara de un puente de silleria, las dovelas serian todas superficies alabeadas, cuyas secciones verticales paralelas á los paramentos de los muros no serian iguales en los dos arcos laterales; por lo tanto las curvas resultantes de estas secciones deben trazarse por puntos para poder tallarlas; mas, esta construccion no se aviene de ningun modo á la carpinteria, puesto que las aristas de intrados de los arcos intermedios, no siendo de ningun modo círculos, presentará una gran dificultad de construccion, por lo cual, es preferible que, en carpinteria, todos los arcos sean iguales. De esto se deduce que, en la seccion representada (figura 1817), los puntos v, v', v'', v''', v'''', de los centros de las secciones de los arcos no se encuentran en la línea recta *rs*, lo cual presenta ciertamente un inconveniente, pero tan insignificante, que no afecta de ningun modo á la seguridad de los cuchillos, ni á la solidez ni al buen aspecto del puente. En cada entramado de esta clase, la gemela transversal de intrados *sr* se establece en contacto ó muy cerca, á lo menos del arco de los lados, sin que la toquen los arcos intermedios, y la gemela transversal de extrados *tu*, paralela á la primera, toca únicamente al arco del centro.

Como las péndolas gemelas no tienen la misma posicion en todos los arcos, se sigue que las cruces de san Andrés, que ocupan los compartimentos formados por estas gemelas, no son tampoco iguales; así pues, deben forzosamente ensamblarse en estas mismas gemelas, á igual nivel, debajo de los largueros y á igual distancia de las gemelas transversales, lo cual da las proyecciones representadas en la figura 1815.

Tambien se establecen cruces de san Andrés entre las péndolas gemelas de uno á otro cuchillo, y en cada entramado formado por estas gemelas transversales, como se ve en la fig. 1817.

Este sinnúmero de péndolas gemelas, de gemelas transversales y de cruces de san Andrés, es indudable que forma un volúmen extraordinario de madera que carga los arcos que sostienen el puente con un peso considerable; pero debe tenerse en cuenta que se trata de darle la estabilidad necesaria para que pueda resistir el paso de los trenes, y que todas estas piezas trabajan, sin que haya ninguna inútil.

PUENTES FORMADOS CON MADERAS REDONDAS Ó TRONCOS

En las comarcas en donde las maderas resinosas abundan, los puentes se acostumbran á construir con troncos y ramas de los árboles, tales como resultan de la corta; resultando formas tan sencillas, elegantes y sólidas como las construidas con maderas escuadreadas, teniendo la gran ventaja sobre éstas, además de dar una gran economia en la mano de obra y de que consumen menos madera.

En esta clase de puentes, los pilotes, gemelas y refuerzos de las palizadas; los largueros, contralargueros, tornapuntas y gemelas de los cuchillos; los firmes que soportan el adoquinado ó engravado, todo ello está formado con maderas redondas naturales.

Para su ejecucion se labran muy ligeramente las superficies de contacto de las varias piezas, para que su sobreposicion sea más estable y en cuanto á su trabazon general, no difiere de la de los demás puentes.

ROMPE-HIELOS Ó ESTACADAS DE LOS PUENTES

Estas son construcciones de carpinteria, que se establecen aguas arriba de las palizadas de los puentes para que por su forma resguarden á éstas de los efectos que puedan producir en ellos los cuerpos duros arrastrados por las corrientes, por cuyo motivo á estas construccioues se les da la mayor solidez posible, puesto que deben recibir choques contiuuos.

En algunos casos estas estacadas forman parte de las palizadas, con el objeto de utilizar parte de la fuerza de éstas para aumentar la de aquéllas, como representa la fig. 1711; pero esta disposicion tiene el inconveniente de que las vibraciones causadas por el choque de los cuerpos arrastrados se comunican al puente.

En las figs. 1688 y 1689 está representado un ejemplo de estacadas independientes.

La fig. 1818 representa una estacada compuesta de una fila de pilotes cuyas cabezas están unidas por una gemela horizontal de fondo y otra gemela inclinada.

Las figs. 1819 y 1820 son el alzado y la proyeccion horizontal de otra estacada mas sólida que las anteriores, formada por dos entramados establecidos sobre pilotes, consolidado todo por medio de hierros.

Tambien se construyen estacadas compuestas de durmientes colocados por capas cruzadas, cuyas maderas están sujetas entre sí por medio de pernos, y forman pirámides truncadas é inclinadas, presentando los paramentos más pequeños á la accion de la corriente.

Hay otra clase de estacadas formadas por filas de pilotes verticales y piezas longitudinales que se cruzan con ellos, cuyo ensamble es por medio de entalladuras, reforzándose los espacios con cruces de san Andrés. La parte superior forma dos planos inclinados, y la arista que constituye la cumbrera es inclinada igualmente.

CAPITULO LII

EMPLEO DEL HIERRO EN LOS PUENTES DE MADERA

El hierro se emplea en los puentes de madera exactamente en las mismas circunstancias que en los entramados de las cubiertas, por cuyo motivo sólo se citarán algunos ejemplos de su empleo especial en esta clase de construcciones.

ANTIGUO PUENTE DE LA CITÉ, EN PARIS. Este puente, que comunicaba la isla de la Cité con la isla de San Mauricio, era de una construccion muy pesada, empleándosele únicamente para peatones. Se le construyó, por primera vez, en 1710, habiendo sido arrastrado varias veces á causa de los deshielos del rio. En 1802, se le reconstruyó empleando un sistema distinto del primitivo, en el cual el hierro constituia uno de los primeros elementos de solidez, puesto que se le empleó únicamente para los tirantes que debian conservar la posicion equidistante de los cuchillos.

Las figs. 1821 y 1822 son el alzado y una seccion transversal de este puente, cuya construccion consistia en vigas arqueadas para los cuchillos laterales. Los dos arcos tenian 31'08^{m} de luz por 1'95^{m} de flecha. Los cuchillos están compuestos de cuatro séries de piezas de 27 centímetros de escuadría, bien sujetadas con pernos, y además algunos tornapuntas y descargas que se prolongaban en el interior del parapeto. Este puente, cuyo ancho total era de 9'07^{m}, no tenia ningun cuchillo intermedio. El intérvalo de los dos cuchillos laterales estaba ocupado por una especie de bóveda de doble curvatura, compuesta de piezas contiguas ó sobrepuestas colocadas en sentido de la longitud del puente, cuya bóveda descansa en los dos cuchillos laterales afectando la misma curvatura de ella; los empujes laterales de esta bóveda están contrarrestados por tirantes de hierro colocados arriba y abajo, los cuales mantienen al propio tiempo la posicion de los cuchillos.

Como este sistema de construccion no dió los resultados que se esperaban, se le

demolió reemplazándole por otro puente de madera del sistema de arcos ordinarios.

PUENTES DE M. AUBRY. Este puente consta de cinco cuchillos igualmente espaciados entre sí, y cuyo ancho entre los de los bordes es de 8'906^m.

El arco interior de cada cuchillo es de 30° 26'; la cuerda de 146'18^m; su radio de 278'713^m, y su flecha de 9'745^m.

Lo más notable de este proyecto, prescindiendo de su gran extension de arco, son los medios para conservar la curvatura de la madera é impedir las vibraciones de los cuchillos.

Las vigas que forman los arcos deben ser perfectamente rectas, debiéndolas curvar despues conforme á la cercha del arco de que forman parte, cuya cercha debe tener 0'045^m de flecha por 9'745^m de cuerda.

El procedimiento para curvar las piezas es el mismo que el ya explicado anteriormente, esto es, por medio de cuñas ó estacas aplicadas á las extremidades de las piezas y puntos de apoyo en el centro, cuyas piezas, una vez curvadas, se las retiene con tirantes de hierro de 0'081^m de ancho por 0'021^m de grueso retenidos por pernos en sus extremidades.

Estos tirantes, M. Aubry los coloca en las caras interiores de las curvas de los lados para preservarlos de las lluvias, de lo cual resulta un defecto de simetria que puede ocasionar un efecto de torsion en las curvas, por lo cual seria preferible colocar dos tirantes, uno en cada cara.

En cuanto al medio propuesto por M. Aubry para impedir las vibraciones de los cuchillos, consiste en contravientos ó tirantes de hierro oblicuos que él denomina *péndolas por penetracion*, establecidos cerca de los estribos, á cada lado del puente é introducidos en parte en el entramado. Estas péndolas se componen de arcos de hierro de 99'076^m de radio y de tirantes *transversales* fijos por un extremo en el cuchillo central del puente, y el otro extremo entregado en los muros; estos arcos están sostenidos por cartelas igualmente curvas entregadas en los mismos muros.

La fig. 1823 representa la planta de una de las extremidades del puente junto con sus dos péndolas.

PUENTES DE GRANDES LUCES DE M. MOLARD. Este constructor propone la combinacion del hierro con la madera para construir con grande economia puentes de mucha luz.

La fig. 1824 es la proyeccion vertical de medio tramo de un puente de este sistema, en el cual cada arco se compone de piezas de madera de longitudes iguales que se unen al tope por medio de dos bandas de hierro sujetadas por pernos.

Para los puentes de luz media M. Molard coloca una sola fila de maderas formando dovelas entre las bandas de hierro, y para los de mucha luz establece dos series de vigas entre las mismas bandas.

La fig. 1825 es la proyeccion de un tramo de un puente auxiliar para la ejecucion del anterior.

CONTRAVIENTOS Ó TIRANTES OBLICUOS DE HIERRO DEL PUENTE DE IVRY. Para que los contravientos de hierro tengan una utilidad real, deben forzosamente obrar como tirantes y por lo tanto ser de hierro forjado, como lo son los del puente de Ivry. Están colocados encima de cada arco, formando cruces de san Andrés que, como ya se sabe, tienen la propiedad de unir de un modo invariable el vértice de los cuchillos laterales con las extremidades opuestas de las pilastras contiguas.

En el fragmento de la planta (fig. 1793) están indicados estos contravientos por medio de líneas de puntos. Colocándoles casi horizontalmente al nivel superior del puente, es en donde obran con mayor energia, impidiendo cualquier desviacion de verticalidad de los cuchillos, por impedir el cambio de forma de la parte superior del puente.

Los dos tirantes que unen el centro del cuchillo lateral de aguas arriba con las extremidades de las pilastras contiguas impiden los movimientos de este cuchillo hácia el exterior; igualmente, los dos tirantes que unen el centro del cuchillo de aguas abajo con las extremidades de las pilastras contiguas de aguas arriba, impiden los movimientos de este cuchillo hácia el exterior; y como los cuchillos intermedios son solidarios de los laterales, á causa de las gemelas horizontales, el tramo del puente no puede de ningun modo hacer movimientos laterales. Este sistema de contravientos es el que da mejores resultados y demuestra la utilidad del empleo del hierro siempre que se le coloque con el debido estudio.

Estos tirantes se colocan inmediatamente debajo del envigado del piso del puente y encima de las vigas longitudinales, componiéndose de bandas de hierro de 0'02^m de grueso por 0'065^m de ancho colocadas de plano y entalladas completamente en las vigas.

Para conservar la accion de estos tirantes de hierro se establecen manguitos en los puntos de cruce, de modo que el uno pase entre los costados del manguito del otro.

Las uniones de los tirantes en los cuchillos laterales se ejecutan por medio de escuadras planas cuyos brazos terminan en manguitos que cogen la extremidad del tirante.

Las uniones de sus puntas y sus tensiones se efectúan tambien por medio de manguitos planos cuyas cuñas son verticales, con lo cual se logra que estas cuñas puedan introducirse en las cajas, debido á su propio peso, caso de que se aflojen los tirantes.

PUENTES SOBRE CABALLETES

Son varios los casos en que ocurre la necesidad de construir puentes provisionales, bien sea para el transporte de materiales, en obras de mucha importancia, ó para utilizarles como andamiaje, ó en fin, para operaciones militares.

Si bien estos puentes requieren un sistema de construccion cuyo montaje sea rápido y sencillo, deben al propio tiempo tener una gran solidez, relacionado todo con el servicio que deban prestar y al tiempo que deban servir.

Cuando no pueda disponerse del tiempo ni de las escuadrias necesarias para establecer un pilotaje ni palizadas, y la profundidad de la corriente no pase de dos metros, se sustituyen estas palizadas por medio de caballetes, como representan la figura 1826 en alzado y la fig. 1827 en seccion por un plano vertical perpendicular á su eje xy.

El sistema de caballetes permite evitar los ensambles á caja y espiga, sustituyéndoles por simples entalladuras, que son de más fácil construccion y de una solidez extraordinaria en estos casos.

Todos estos ensambles están reforzados por pernos de tuercas y á falta de ellos por abrazaderas de hierro clavadas, ó bien por clavijas de madera dura seca tal como el fresno ó el aliso.

Si la corriente es muy rápida, se refuerzan los caballetes por medio de un tornapuntas colocado aguas abajo (fig. 1827).

Los caballetes se construyen completamente antes de establecerlos. Su altura depende de la profundidad del rio medido en los puntos en donde se les deba colocar, cortando sus piés á las longitudes necesarias correspondientes á la forma del lecho del rio, cuidando de que el travesaño superior ó la asnilla sea horizontal y á la altura determinada por el nivel del tablonado del puente.

Una vez construidos todos los caballetes, se les coloca en los sitios que deban

ocupar, empleando barcazas ó balsas para ello; encima de ellos se ponen los largueros fijándoles convenientemente ó con pernos, ó abrazaderas ó clavijas, ó por medio de cuerdas bien resistentes. Los tablones que constituyen el piso pueden ir clavados con puntas ó con clavijas, ó simplemente mantenidos por las piezas de los bordes *p* clavadas en los largueros.

La fig. 1828 representa un caballete construido con mayor solidez que el anterior. Los dos piés de cada extremidad no van unidos por un simple travesaño en la parte baja, sino que lo están por gemelas arriba y abajo. Las gemelas superiores son las que sostienen el travesaño principal, y debajo de ellas hay un segundo travesero *m* aplicado á cada lado sobre las caras exteriores de los piés. Los dos traveseros están combinados con el superior por medio de dos egiones *o*.

A cada lado del caballete se encuentra una cruz de san Andrés ensamblada en los dos traveseros, por todo lo cual resulta una combinacion muy resistente y de estabilidad perfecta.

CAPÍTULO LIII

PUENTES MOVIBLES DE MADERA

PUENTES LEVADIZOS

Con el objeto de cortar ó restablecer á voluntad una comunicacion cualquiera, se emplean puentes movibles á los cuales se ha dado el nombre de *puentes levadizos* y de *puentes giratorios,* segun se levante ó se haga girar horizontalmente el tablero ó piso del puente para interrumpir el paso por él.

Puente levadizo de palanca ó saeta. Esta clase de puente debe su orígen á la necesidad de tener que cortar la entrada en las fortalezas, estableciéndoseles por lo tanto sobre los fosos de las mismas, asentándoles sobre los llamados puentes fijos, de los cuales ya se ha tratado, á los que se da el nombre de *durmientes.*

Los medios que se emplean para mover el puente levadizo son varios, siendo el más sencillo el que ya se empleaba en la Edad Media y que aun hoy dia está en uso, no tan sólo en las fortalezas, sí que tambien para la navegacion. Si los puentes deben ser tan bajos que dificulten el paso de las embarcaciones, se podrán emplear los puentes levadizos sencillos ó dobles, que se suben ó bajan segun las necesidades fluviales ó terrestres.

La fig. 1695 es el perfil de una puerta de fortaleza y de un puente durmiente, en donde están expresados los detalles de construccion del tablero *e d* del puente levadizo y de la báscula de saeta *e f* que sirve para moverle.

La fig. 1696 es la seccion transversal del puente durmiente de que ya se ha tratado en capítulos anteriores.

La fig. 1829 es la planta del tablero del puente levadizo.

La fig. 1830, es la planta de la báscula de saeta.

El tablero (fig. 1829) es una especie de marco ó cuadro de madera, compuesto de dos travesaños *d*, *e*, y de siete viguetas *i* ensambladas á caja y espiga, reforzadas y consolidadas á veces con hierros. Sobre este entramado es donde se clavan las tablas ó tablones que forman el piso, más ó menos resistente segun las cargas que deban soportar. Estos tablones van provistos de bandas de hierro *x* colocadas

longitudinalmente en los puntos por donde deban pasar las ruedas de los vehículos.

La pieza *d* lleva en cada una de sus extremidades *d'* un muñon de hierro que se introduce en unas crepudinas igualmente de hierro, entregadas en el marco de puerta, al nivel del asiento.

La báscula se compone de dos flechas ó saetas *e*, *f*, y de tres traveseros *h*, *i*, *k*, entre los cuales están ensamblados tornapuntas. El travesero *h* lleva dos muñones de hierro *h'* semejantes á los del tablero, que se introducen en otras crepudinas entregadas igualmente en el marco de puerta, pero á suficiente altura para que los vehículos puedan pasar libremente por debajo de la báscula cuando el puente está bajo. Las cadenas de hierro *m* están sujetas á los ganchos de hierro colocados en las dos extremidades *c* del travesero superior del tablero. Estos ganchos de sujecion de las cadenas forman parte de las bandas de hierro que consolidan las viguetas y el travesero *c'* para fortalecer su ensamble. Las dos cadenas de movimiento *o* están fijas á las extremidades opuestas de la báscula, de modo que tirando de ellas, baja la báscula girando sobre sus muñones *h'*, y la otra estremidad hace subir el puente levadizo que gira sobre sus muñones respectivos. Así, pues, cuando la báscula se encuentra en la posicion indicada por las líneas de puntos *e' h f'* el puente se encuentra en la posicion *d m*, y al encontrarse la báscula en posicion vertical, el puente se encuentra igualmente en esta misma posicion, tapando completamente la abertura de la puerta y dejando sin paso al foso. Para restablecer la comunicacion, no hay más que ir aflojando la cadena de movimiento, empujando la puerta por su parte interior; de este modo, al hallarse ésta en posicion algo inclinada, su propio peso la hace bajar.

La fuerza de las maderas del tablero y de los brazos de palanca, el peso del tablero y el de la báscula deben determinarse por cálculo, de modo que pueda moverse el mecanismo empleando al menor número de hombres posible.

Para restablecer convenientemente la relacion del peso de la báscula con el del puente, debido á las variaciones atmósféricas, se emplean tablones cuyo número se cambia segun las necesidades.

Puentes levadizos con engranajes. La figura 1831 es el perfil de uno de los puentes levadizos más en uso en Bélgica y Holanda. La fig. 1832 es su planta.

El tablero está compuesto de cuatro largueros *a*, *a*, *a*, *b*, sobre los cuales se encuentran los tablones que forman el piso, y cuyos largueros se prolongan introduciéndose en una cavidad practicada en el estribo. El piso *e* colocado sobre esta cavidad se compone de tres viguetas muy resistentes, independientes de las prolongaciones de los largueros, cuya escuadria es mayor en esta parte que debajo del tablero móvil con el fin de que haya equilibrio, aumentándosele el peso por medio de traveseros ensamblados *f*, *g*, *h*; los muñones *k* que estaban fijos en el primer travesero *f*, atraviesan los largueros de los lados, y apoyan en crepudinas entregadas en los muros laterales de la cavidad.

Sobre el primer larguero *b* se encuentra un cuadrante dentado *m*, cuyo centro se encuentra en el eje de los muñones del puente, y su borde atraviesa el tablonado de los traveseros, introduciéndose en una escopleadura. El piñon *n*, que descansa en dos montantes de caballete fijos en estas viguetas, engrana con el cuadrante dentado, y va montado en el árbol de una rueda de manubrios *o*, colocada en sitio cerrado. Al hacer girar á esta rueda en uno ó en otro sentido, hace mover al piñon por encontrarse en su mismo árbol, y éste, á su vez, hace mover al cuadrante y con él el larguero en donde está fijo, comunicando el movimiento al puente. Entonces, las prolongaciones de los lar-

gueros van bajando á la cavidad á medida que se va levantando el puente, hasta que recorridos todos los dientes del cuadrante, queda cerrado el paso é interrumpida la comunicacion exterior.

Para restablecer el puente á su sitio primitivo, basta imprimir á la rueda de manubrios el movimiento de rotacion en sentido contrario al primero.

Las líneas de puntos indican una de las varias posiciones del puente durante su movimiento.

Este puente lleva barandilla de hierro fijo en él, de modo que sigue todos los movimientos de dicho puente.

Puente levadizo de viga de báscula ó contrapuente. El puente levadizo representado por un perfil (fig. 1833) y por su planta (fig. 1834), se emplea siempre que los largueros de las básculas no deban subir muy altos.

Consta de dos largueros ó flechas principales *a*, cuya longitud es igual á la del tablero ó puente, más la de la viga de báscula, uniéndolas por medio de un travesero *b* que lleva dos muñones de hierro *k* que atraviesan los largueros *a* y apoyan en dos crepudinas. Las tres viguetas *c* están ensambladas en el travesero, sostienen el tablonado del puente, y al estar debajo de él, apoyan en dos zapatas *d e*. Cuando el puente está subido, están sostenidas por los tablones.

Las tres prolongaciones *f* están tambien ensambladas en el travesero *b* y están sostenidas en el mismo entramado que los largueros *a*, por el travesero *h*, en el cual están sujetos por medio de pernos. Las partes externas de los largueros *a* y de las viguetas *c* son las que llevan el tablonado; las partes internas de los largueros *a* y las prolongaciones *f*, no llevan nada, y se destinan únicamente para equilibrar el tablero, estando sostenido todo por los muñones *k*.

Entre las prolongaciones *f* se encuentran las viguetas fijas *i*, que apoyan por un extremo en el exterior *r*, y por el otro en los tornapuntas *j* que se sostienen en los apoyos de piedra colocados á cierta altura, para que no impidan la aplicacion del travesero *h* cuando el puente está subido.

Las viguetas *i* sostienen el tablonado correspondiente á la cavidad en donde se mueve el contrapuente, siendo este peso completamente independiente del puente levadizo.

En el travesaño *h* es en donde se colocan las cadenas de movimiento del puente.

Las líneas de puntos indican una de las posiciones del puente durante su movimiento de subida. El tablon *x*, colocado entre el piso del puente levadizo y el piso fijo, debe quitarse en el acto de subir el puente, pues de otro modo seria imposible moverle.

Pequeño puente levadizo colgante. Este sistema de puente, representado por la figura 1835, presta muy buenos servicios siempre que sus dimensiones no deban ser muy grandes El tablero ó piso *a* consta de tres viguetas sobre las cuales se clava el tablonado, llevando los dos largueros laterales dos muñones *k* para que pueda moverse el puente.

Estos muñones se introducen en anillos fijos en los brazos de palanca *b*, cuya extremidad inferior lleva unas visagras *c* colocadas en las zapatas *d*.

Esta báscula está representada por la figura 1836 estando provista de dos cadenas fijas en las extremidades *e* que, al tirar de ellas, hacen subir la báscula poniéndola vertical arrastrando consigo el puente, el cual saliendo de su apoyo exterior, se coloca vertical tambien, y, suspendido de los anillos K, queda adosado al muro del foso.

Gran puente levadizo colgante. La mayor dificultad que se presenta al establecer esta clase de puentes es que, una vez colocado el tablero, ofrezca una seguridad perfecta para el paso de las perso-

nas ú objetos. En todos los ensayos y proyectos que se han presentado, ni los cerrojos, ni las piezas correderas, ni las viguetas adicionales cumplian con la condicion de solidez necesaria, hasta que Emy pudo vencer estas dificultades con el puente que inventó y ejecutó en 1810 estableciéndole en el fuerte Santa Elena, frente la Alhambra de Granada.

La figura 1837 es un perfil de este puente.

a a, es el estribo del lado interior del fuerte.

b, es una de las pilastras.

c, tablero del puente compuesto de siete viguetas paralelas, unidas por los tablones que forman el piso del puente y por una banda de hierro, cuyas extremidades están redondeadas para formar los muñones *k* del tablero, colocados á poca diferencia á los dos quintos de la longitud total.

d, vigueta que forma apoyo, que está hendida en dos partes, entre las cuales se incrusta una banda de hierro, terminada en cada extremo por un muñon *h*. Las dos partes de esta vigueta estaban unidas y muy sólidamente apretadas por medio de pernos, con el fin de que no pudiesen torcerse.

m, palancas, en cuya extremidad inferior llevan una gran zapata ó regrueso *u* fijas en las extremidades del apoyo *d* por medio de dos estribos de hierro muy resistentes.

La fig. 1838 representa el ensamble de las palancas y el apoyo sobre un plano paralelo á los mismos.

Los muñones *h* del apoyo *d* tienen su entrega en dos crepudinas fijas en la parte superior del estribo; los muñones *k* del tablero tienen la suya en otras dos crepudinas unidas á las palancas *m* por medio de pernos.

Colocado el puente en su posicion horizontal, basta un ligero movimiento sencillo y rápido para interrumpir la comunicacion.

Por medio de las cadenas *o*, fijas en las extremidades de las palancas *m*, bajan éstas hasta tocar al terreno, con cuyo movimiento el apoyo *d* gira sobre sus muñones *h*, haciendo subir al tablero, resultando que la línea *h x* que pasa por los muñones *h* de la báscula y los muñones *k* del tablero, adquiere la posicion *h x'* pasando los muñones *k* á *k'*. Los puntos de la extremidad *z* del tablero *c* describen arcos de círculo iguales al *k k'* que describen los muñones, y al subir se desprenden del asiento *v*, en cuyo instante la extremidad *y* sube, separándose de su apoyo, y al describir el arco de círculo *y s*, cae en el foso. Para obtener el equilibrio entre las dos partes del puente, se le añaden maderas en la parte correspondiente al estribo.

Las líneas de puntos de la fig. 1837 representan el tablero del puente en posicion horizontal *z y* al separarse de sus apoyos, debido al movimiento de las palancas *m*, y en su posicion vertical *t s*, una vez caido.

PUENTES GIRATORIOS

El movimiento de estos puentes es horizontal; así pues giran sobre un eje vertical ó al rededor de un centro que hace sus veces.

Estos puentes pueden ser sencillos ó dobles, segun se les emplee para cerrar espacios ó simplemente para permitir el paso de las embarcaciones, cuando por efecto de su mucha proximidad al nivel del agua no sea posible establecerlos fijos.

PUENTE GIRATORIO DE LAS TULLERIAS. Este es uno de los puentes más antiguos de Francia, construido en 1716 sobre el foso

que separaba el jardin de las Tullerias de la plaza de la Concordia, llamada entonces plaza de Luis XV.

La fig. 1839 es la planta general de este puente, que se quitó en 1800.

a, parte del jardin de las Tullerias.

b, parte de la plaza de Luis XV.

c, foso de separacion del jardin y la plaza.

d, edificios elevados.

e, pilastras con estatuas.

f f, puente giratorio.

g g, pilastras salientes formando parte del estribo del puente.

La fig. 1840 es la alzada de este puente, que constaba de dos partes y cuyo movimiento se verificaba por la parte del jardin para cortar el paso durante la noche.

En estas dos figuras se supone que una de las partes A está abierta, es decir, con la comunicacion establecida, y la otra, B, está cerrada, es decir, con paso interceptado; de modo que cuando las dos partes del puente estaban unidas, el paso era libre; y por el contrario, cuando estaban separadas y cada una de ellas se aplicaba sobre el estribo respectivo, entonces el paso estaba completamente interrumpido sobre un ancho de foso de 5'50 metros.

Cuando los tableros del puente están completamente cerrados ó abiertos, sus extremidades apoyan en la contraescarpa *b* del foso ó sobre las pilastras salientes *g* del estribo interior; mas, durante el movimiento, bien sea para cerrarle ó abrirle, cada tablero está sostenido por su eje vertical ó montante giratorio, y por tornapuntas curvos dispuestos de modo que ofrezcan suficiente apoyo y solidez á los largueros y comuniquen el esfuerzo de su peso al montante.

El primer sistema de tornapuntas constituia un ensamble plano segun la proyeccion *a b*, formado por un tornapuntas recto *a' b'* (fig. 1843) y dos tornapuntas curvos *v*. Los segundos tornapuntas intermedios *c d*, entre los largueros *e f*, y los primeros tornapuntas *a b* tenian doble curvatura, escepto el del centro *y*; los otros dos *x z* participaban de la curvatura dada por el perfil *c d*, y uno de los perfiles *o p* del puente visto por su extremidad (fig. 1840).

Cada montante giratorio llevaba en su pié un pivote vertical de hierro que apoyaba en una crepudina; su parte superior llevaba una ranura redonda *s* de hierro, retenida por cuatro ruedecitas montadas en una abrazadera fija en el muro. El detalle de esta abrazadera de hierro está representada en la fig. 1842, en la cual el círculo rayado es la seccion horizontal de la parte redonda del montante giratorio y su anillo.

La junta de union de las dos partes del puente era dentada; los tablones correspondientes á la parte giratoria daban en conjunto la forma semicircular, para que pudiesen moverse con libertad sobre un mismo plano. Los huecos de los arcos se cubrian con piezas *n*, *m*, *u*, que afectaban su forma y giraban por medio de visagras fijas en el estribo (fig. 1843). La pieza *m* está cerrada por encontrarse abierta la comunicacion de la parte A del puente; las piezas *u* y *u* están abiertas. Los bordes de estas piezas estaban cubiertos por bandas de hierro circulares delgadas para tapar las juntas entre estas piezas y los tableros del puente. En los estribos y en uno de los lados de cada tablero se colocó una barandilla de hierro; los espacios restantes entre las barandillas del puente y las de los estribos estaban cerrados por partes de barandilla *t x* con movimiento giratorio lateral.

Este puente se ha imitado y construido en varios puntos, empleándosele particularmente para canales, existiendo uno en el canal de Amsterdam, que sólo se diferencia de aquél en que los tornapuntas son de hierro forjado.

En cuanto al montante giratorio, seria conveniente que fuese de hierro fundido.

PUENTE GIRATORIO SIMPLE. La fig. 1844 representa la seccion de un puente giratorio establecido sobre un canal cuyos muros son de obra de fábrica.

La fig. 1845 es la planta de este puente, el cual en vez de moverse al rededor de un montante, como el anterior, apoya en el macizo de uno de los estribos *p*, en el cual está fijo un eje vertical y cilíndrico *c* de hierro forjado, colocado en la línea de centro ó eje del puente, siendo sobre este eje que se verifica su movimiento de rotacion. Cuando el puente está en posicion para permitir el paso, como indica la figura 1845, apoya en los dos estribos *p*, *q*; pero al girar sólo se encuentra sostenido por el estribo que lleva el eje, de modo que para establecer equilibrio, las dos partes del puente, desde el eje á sus extremidades, deben estar suficientemente cargadas, dando esceso de peso á la parte correspondiente al movimiento.

El puente propiamente dicho consta de seis largueros *a* y otros tantos contralargueros *b*; los primeros están ensamblados en un travesero extremo *d*, que afecta la forma de arco de círculo, para que pueda aplicarse mejor el tablero en la superficie vertical del rediente que debe recibirle, la cual, á su vez, á causa del movimiento de rotacion que debe darse al puente, tiene igualmente la forma de arco de círculo cuyo centro se encuentra en el eje *c*. La base de este rediente lleva una zapata de madera *e*, con el objeto de evitar el roce de las maderas del puente con la fábrica.

Las extremidades opuestas de los largueros y contralargueros están ensambladas con otras dos piezas *f*, *k* que, por el mismo motivo, tienen la forma de arco de círculo cuyo centro está tambien en el eje del puente, y el rediente labrado en esta parte lleva igualmente una zapata ó solera *o* arqueada tambien para facilitar el resbalamiento.

La combinacion de los contralargueros y de los traveseros *g*, *h* ensamblados por entalladuras, forma el llamado estribo cuyo peso debe ser muy superior al del tablero, suponiendo que el punto de apoyo se encuentre situado en los bordes de la fábrica, en el eje vertical de la polea correspondiente á este punto. Para equilibrar los esfuerzos economizando al propio tiempo madera, se aumentará el peso del estribo por medio de pesos *x* colocados en las extremidades de los largueros.

El eje vertical *c* pasa por un cubo de hierro fijo en el travesaño *h* por medio de cuatro pernos; mas como este eje no seria suficiente para mantener la horizontalidad del tablero del puente durante su movimiento, se colocan cuatro ruedecitas de bronce, y á veces seis, diametralmente opuestas, repartiéndolas de dos en dos debajo del estribo, á igual distancia del eje, las cuales resbalan sobre una faja de hierro circular *u* asentada en el firme de fábrica.

A los dos lados del puente se coloca una barandilla de hierro, cuyos montantes tienen un asiento que fija su posicion en el larguero, prolongándose al otro lado en forma de perno con muesca. El pasamano de cada barandilla se prolonga más allá del estribo, y sirve de palanca para facilitar el manejo del puente cuando deba hacérsele girar.

La fig. 1846 es el detalle de una de las ruedas de este puente giratorio, la cual gira solamente sobre su eje *a b*, siendo de forma esférica.

PUENTE GIRATORIO DOBLE. Cuando los espacios que deban franquearse tienen una gran extension, se establecen dos puentes, uno en cada borde, con lo cual resulta un puente doble.

La fig. 1847 es una seccion longitudinal de un puente giratorio doble, por un plano paralelo á su eje y perpendicular, por consiguiente, al eje del canal, Esta seccion está hecha segun la línea *x y* de la figura 1848, que es una seccion transver-

sal por un plano perpendicular al eje del puente, esto es, segun la línea *v z* de la figura 1847.

La fig. 1849 es el plano general de este puente.

A, es el canal, B y D son los dos bordes ú orillas, E es uno de los puentes giratorios, F′ es uno de ellos cerrado, es decir, sin comunicacion. Se comprende que para que esté abierto el paso, es preciso que el tablero F′ se encuentre en la misma posicion que F, y que, para que ambos puentes puedan juntarse en el centro del ancho del canal, es preciso que se toquen segun un arco de círculo *x y*, descrito desde el centro *c* de uno de los dos.

Para poder maniobrar estos puentes, debe procederse como sigue:

Encontrándose los dos tableros en contacto, en las posiciones E y F, esto es, estableciendo comunicacion, para interrumpirla y poder cerrar el puente, es preciso que el tablero de la orilla D sea el primero que se haga girar, pasando de la posicion F á la posicion F′; el tablero E queda entonces libre y puede fácilmente colocarse en la posicion E′, resultando de ello que, para restablecer el paso, éste debe ser el primero en colocarse en posicion y el F′ el segundo.

Por las dos figs. 1847 y 1848 se ve que este puente se compone de cinco cuchillos, cada uno de los cuales consta de un arco *a*, de un larguero *b* y de una especie de refuerzo *c*. Las piezas *d*, *e*, *f*, *g*, forman travesaños, que combinados con las vigas del tablonado, unen todos los cuchillos. Las cuatro piezas *i*, *k*, *m*, *n*, forman un macizo de estribo, estando sujetadas con pernos en las piezas de los cuchillos. La pieza *n* recibe la extremidad de un muñon vertical *o*, que sin sostener el tablero, le sujeta de modo que al moverse gira al rededor de este eje vertical, y para que no pueda desviarse, se colocan seis ruedecitas debajo del estribo de madera; dos de ellas están unidas á la pieza *f*, las otras dos á la pieza *n* y las dos últimas en *p*, en las extremidades de los largueros laterales; estas seis ruedecitas se mueven sobre bandas de hierro entregadas en la fábrica, y su construccion es semejante á las representadas por las dos proyecciones (figuras 1850 y 1851). Cada ruedecita *r* está montada en una placa *h*, y está atravesada por un eje *q* formado por un perno de cabeza con tuerca.

La placa termina en dos espigas de rosca cuya longitud atraviesa las piezas *d*, *m* ó *f* sobre de las cuales se rosca la tuerca.

Estas ruedecitas deben ser cónicas, y para que al moverse no pueda aumentarse el roce, el vértice de la superficie cónica de estas ruedas y el de la superficie cónica de las bandas de hierro, sobre las cuales se desarrolla su movimiento, deben coincidir en un mismo punto del eje vertical de rotacion del punto.

A propósito de la construccion de estas ruedecitas, la fig. 1852 representa una de ellas, que tiene la ventaja de colocarse convenientemente siempre para producir el mínimo de roce durante su movimiento:

a, rueda esférica atravesada por un perno que le sirve de eje;

b, anillo, en el cual está fijo el eje de la rueda;

c, una de las dos chapas paralelas que reciben los muñones del anillo *b*.

Estas chapas están retenidas por medio de tornillos con tuerca, en la pieza de madera que debe girar al rededor del eje vertical *m n*, y sobre la superficie cónica, cuya generatriz es la línea *z x*. Se ve, pues, que la rueda *a*, tangente siempre á la superficie cónica, cuya generatriz es la línea *z x*, y *m n* el eje, al girar obliga á que su eje pase por el vértice *x* de esta superficie cónica.

Si en vez de una superficie cónica, la via recorrida por la rueda fuese un plano perpendicular al eje *m n*, cuya traza fue-

se y n, debido al movimiento de rotacion, el eje de la rueda tomará la posicion v u, siendo entonces el punto n el centro de rotacion.

En los puentes dobles, es preciso que el peso de cada estribo sea siempre mayor que el de cada porcion de tramo, puesto que no estando sostenidos éstos por los bordes ú orillas, es preciso que la fuerza del estribo sustituya á estos apoyos, y que las extremidades de dichos tableros ó tramos puedan resistir las cargas que pasen por ellos.

Esta es una de las condiciones más importantes, y para cumplirla debe, ante todo, recurrirse al cálculo, con el cual se obtiene un exceso de peso del estribo sobre el tramo, empleando para ello mayor cubo de madera; en segundo lugar, por un mayor paralelepípedo de hierro fundido para el estribo, como en el puente anterior, y tercero, labrando un rebajo en la pieza arqueada, el cual recibe un reborde t unido por hierros al rededor de la cavidad del estribo.

Construido así el puente, si se le carga con un peso que tienda á hacer bajar el tramo, la pieza t impedirá siempre este movimiento de flexion, y para que no se produzca oscilacion durante el paso de los vehículos, y por consiguiente, ningun choque con la pieza saliente t, se colocan dos tornillos verticales s á ambos lados del puente, aplicados á la cara inferior de cada larguero lateral, los cuales al ejercer presion en el pavimento de la cavidad, resuelven el contacto de las piezas d y t.

Uno de estos tornillos está representado en la fig. 1841, cuya tuerca lleva dos aletas para poderla fijar en los largueros laterales.

Para dar mayor estabilidad aun y no fatigar los tornillos á causa de la funcion que deben llenar, se introduce debajo de cada extremidad del puente, entre el larguero y el solado de la cavidad, un cilindro de madera dura r que se introduce á mazo y que se fija por medio de cuñas; siempre que se quiera cerrar el puente se quita este cilindro, golpeándole igualmente con el mazo, y se afloja el tornillo s.

Las barandillas de este puente están unidas á los largueros laterales por medio de abrazaderas de hierro de tuerca y tornillo.

Cuando el puente está abierto, para que sus dos partes se mantengan en su posicion respectiva, se pasa un anillo de hierro v que coge á los dos montantes centrales, cuyo sistema es preferible al de cerrojos ó ganchos, que no siempre tienen suficiente solidez.

Las formas ó estructura de estos puentes giratorios puede variar de muchos modos. Así, pueden estar compuestos de largueros y contralargueros rectos sobrepuestos, ó bien de varios cuchillos ó armaduras; pueden tambien apoyarse los tableros en soportes inferiores compuestos de montantes y largueros ó tornapuntas que aligeran la carga del puente; ó bien por montantes verticales, ó, en fin, por apoyos giratorios que se aplican á los muros cuando el puente está cerrado. De todos modos, sea cual fuere el sistema que se adopte, es preciso siempre que los puentes dobles cumplan con las condiciones de que se ha tratado antes.

PUENTES FLOTANTES

Como su nombre lo indica, los puentes flotantes no son más que comunicaciones que se establecen entre dos orillas opuestas, por medio de maderas, utilizando para ello la propiedad que tienen estos cuerpos de flotar en el agua.

Para que un puente de esta especie sea practicable, es preciso que la fuerza que

le permite flotar sea muy superior á la que tiende á sumergirle.

Los puentes flotantes son de dos clases: fijos ó móviles, constando generalmente estos últimos de barcazas sobre las cuales se coloca un tablonado.

Como ya se ha dicho, estos puentes se emplean para pasar de una á otra orilla, recibiendo un movimiento de traslacion debido al empuje de la corriente, que se contrarresta por un cable fijo, bien sea en el terreno ó en el fondo del rio por medio de un ancla.

Los puentes flotantes se construyen, ó por medio de barcazas ó por almadias ó balsas.

Puente flotante sobre barcazas. Estos puentes se componen de vigas ó largueros que sostienen los tablonados, y que apoyan en las barcazas que hacen las veces de pilastras ó palizadas. Estas barcazas están convenientemente espaciadas y colocadas transversalmente al eje del puente, debiendo tener suficiente potencia para sostener, no tan sólo el peso de aquél, sí que tambien el de las cargas que deba recibir.

La invencion de estos puentes data de los tiempos más remotos; modernamente son muchos los que se han construido de esta clase, siendo el más notable el establecido en Ruan en 1700, de cuya descripcion no es oportuno tratar, tanto por no estar muy en uso hoy dia, como por resultar tan costosos como los establecidos sobre palizadas, y cuyos servicios no son ni tan seguros ni tan constantes como éstos.

Bastará, pues, dar simplemente una idea de la construccion de los que deban establecer rápida y provisionalmente una comunicacion en el caso de que por la profundidad del rio no puedan ponerse caballetes ó, por falta de tiempo, palizadas; ó bien cuando los elementos del pais permitan disponer barcazas iguales en forma y línea de flotacion.

Esta clase de puentes puede decirse que es únicamente el ejército el que la esplota, empleando para ello, más bien que barcazas, una especie de cajas que ofrecen más estabilidad y á las cuales se da el nombre de *pontones*, construyéndoseles de varias materias: los unos de madera, otros de tela embreada, de cuero, etc.

Los franceses fueron los primeros en construirlos con planchas de cobre clavadas en armazones de madera; los holandeses los hicieron de hoja de lata. Hoy dia se da la preferencia á los pontones construidos exprofeso, los cuales, en campaña, se cargan en carromatos especiales, junto con las viguetas, tablones, largueros, cordaje y demás utensilios necesarios á la construccion del puente.

La fig. 1853 es la planta general de la parte de un puente sobre pontones.

En B (fig. 1854) está la planta de un ponton.

La fig, 1855 es una seccion del puente por un plano vertical perpendicular á su eje, en donde está representado el alzado de un ponton visto longitudinalmente.

La distancia entre pontones depende de los gruesos de las maderas que se emplean como largueros. Los pontones deben ser iguales todos. En el caso de que no lo sean, deben colocarse los mayores cerca de las orillas, procurando irlos escalonando en dimensiones de un tramo á otro, despues de lo cual, ó bien se va poniendo lastre en los pontones para que se presenten en línea horizontal, ó se ponen en su interior los caballetes necesarios á las alturas convenientes. De todos modos, lo mejor es colocar los largueros *b* que forman el entramado del puente, de modo que atraviesen todo el ancho del ponton, sobresaliendo unos 30 centímetros de él, uniéndoles á sus bordes.

Para que la distancia entre pontones sea siempre la misma y conserven el paralelismo, se les sujeta con amarras *c*, en los puntos *v* de sus puntas.

Debajo de cada tramo del puente se colocan cuerdas *d* formando cruz, que sigan la diagonal de los rectángulos formados por los pontones.

Estos pontones contrarrestan la fuerza de la corriente por medio de áncoras fijas en las cuerdas *k*, aguas arriba del puente, cuyas cuerdas deben tener una longitud igual á ocho ó diez veces la profundidad del agua.

Si las corrientes no son rápidas, no hay necesidad de amarrar todos los pontones; basta efectuarlo de dos en dos.

Ordinariamente, en el punto medio del rio se establece una especie de puerta, tanto para dar paso á las embarcaciones como para proceder á la limpieza de cuerpos estraños que puedan perjudicar la solidez del puente.

La fig. 1853 representa una de estas puertas, que se compone de dos pontones *m*, *n* unidos por un tramo *p* igual á los restantes, con la sola diferencia que no pasa más allá de dichos pontones. Para abrir el paso se separa esta puerta de la línea del puente por medio de la misma corriente, colocándola aguas abajo. Como este tramo está unido á los demás por medio de falsas viguetas que apoyan simplemente en los pontones de la puerta y en los de los tramos contiguos, para abrirle basta quitar algunos tablones correspondientes á la separacion de la parte fija, haciendo resbalar las falsas viguetas por debajo del tablonado de la puerta; para colocarla en su sitio se practicará la operacion inversa.

Antiguamente los pontones se amarraban á cables muy grandes *x* tendidos muy sólidamente en sentido transversal á la corriente, por medio de cabrestantes *z*; á veces se les colocaba fuera del puente, y los pontones estaban unidos á ellos por medio de cuerdas. Hoy dia se prefiere amarrar los pontones á áncora, como se ha dicho antes, lo cual es mucho más seguro; por cuanto en el primer caso la rotura de un cable único *x* ocasionaria la del puente.

Al establecer un puente sobre pontones, las maderas de los tramos se van colocando á medida que se van emplazando los pontones, con los cuales se fija mejor la posicion de éstos. Colocados los largueros *b* de un tramo, se colocan luego los tablones *k* del puente, los cuales se fijan por medio de viguetas *u* llamadas *guindastes*, sujetas á los largueros laterales por medio de cuerdas que pasan por sesgaduras practicadas en los bordes de los tablones.

El ancho de estos puentes acostumbra ser de 4 á 5 metros, nó debiendo pasar nunca de un tercio de la longitud de los pontones, y debe ocupar exactamente la parte central de éstos.

A falta de pontones se construyen puentes flotantes con cajas huecas cerradas herméticamente, ó con toneles y tambien con pellejos vacíos.

Los ingleses han ensayado construir toneles de plancha de cobre tan largos como los pontones, para sostener los puentes flotantes, de 6 á 7 metros de largo por 0'60^{m} de diámetro en el centro, y de 0'30^{m} á 0'40^{m} en las extremidades; no obstante, de todos los medios que puedan emplearse para construir un puente flotante, á falta de pontones, el más sencillo consiste en emplear balsas ó almadias.

Puentes flotantes sobre balsas ó almadias. Estos puentes se diferencian de los anteriores tan sólo en que en vez de apoyarse en pontones lo están sobre balsas.

La fig. 1846 representa el plano general de la parte de un puente sostenido por balsas.

En A (fig. 1854) está representada una de estas balsas.

La fig. 1857 es la seccion de uno de estos puentes por un plano perpendicular á su eje, y el alzado de una balsa vista longitudinalmente.

Como espresan estas dos figuras, una

balsa ó almadia se compone de un número impar de troncos de árbol escuadreados *a*, unidos por travesaños *g* y diagonales *h*, unidos á los troncos por medio de cuerdas ó por clavijas resistentes de madera, ó tambien por abrazaderas de hierro.

Para estas balsas es preferible emplear la madera escuadreada y no la redonda, por cuanto ofrecen mejor ajustaje unas piezas con otras, resultando además que, á igualdad de volúmen, éstos ofrecen un ancho menor. No obstante, si por falta de tiempo es forzoso emplear la madera redonda, ó bien porque resultasen de poca escuadria las piezas si se las escuadrease, en este caso se labra una cara únicamente en cada pieza y ésta será la cara de junta.

Las maderas de una almadia no deben estar en contacto, debiendo espaciarlas de 15 á 20 centímetros, que viene á ser la mitad de su grueso, con el objeto de que el agua pueda tener algun desahogo y puedan hacerse bien las ataduras.

Estas maderas deben ser ligeras, siendo las mejores el pino y el abeto. Las piezas que constituyen la almadia deben tener igual escuadria y longitud, aserrándoles las puntas de modo que el conjunto presente un ángulo saliente del lado de aguas arriba, y un ángulo entrante igual del lado de aguas abajo. El ángulo saliente tiene por objeto descomponer la accion de la corriente y el entrante restablecer la igualdad, para que el centro de gravedad se encuentre exactamente en mitad de la longitud de la almadia, y no pueda sumergirse en el agua en una punta más que en la otra. Las cuerdas de las amarras *c*, las diagonales *d* y las de las áncoras *k* se disponen del mismo modo que para un puente sobre pontones, fijándolas igualmente en los puntos *o*, *v*, *x*. Las puertas de paso para la navegacion están tambien dispuestas del mismo modo que en aquéllos.

Atendido el poco espesor de las almadias, el piso del puente se coloca lo más alto que se pueda, para que no pueda alcanzarle el agua; para lo cual, los largueros del puente *b'* se colocan sobre tres viguetas *e* que descansan en los largueros *f* de la balsa.

Si los troncos de los árboles no tienen suficiente longitud con relacion á la que deba darse á la balsa, se les empalma, debiendo ser su diámetro de unos 34 centímetros á lo menos.

Los tablones del piso *k* se colocan y fijan por medio de cuerdas, exactamente del mismo modo que para los puentes sobre pontones.

Los puentes sobre balsas tienen sobre los de pontones la ventaja de poder soportar mayores cargas y de ser insumergibles.

Las balsas deben construirse en el agua por ser más fácil colocar las maderas, y por adquirir con exactitud el equilibrio que les es propio. La distancia de las balsas está limitada por la longitud de los largueros.

Tanto en los puentes sobre balsas como en los puentes sobre pontones, las partes del puente que tocan á las orillas son los estribos, cuyos largueros apoyan en viguetas colocadas sobre el terreno á la altura que convenga, estando retenidos por estacas muy resistentes.

Estas dos clases de puentes se colocan en línea recta, y si se les da algunas veces una forma algo curva en la parte de aguas arriba, no es con el objeto de aumentar su solidez, sino para compensar el alargamiento de los cables de anclas centrales, que es mucho mayor que en los bordes.

Estos puentes se principian á construir por uno de los tramos de estribo ó por los dos á la vez, estableciendo los siguientes á medida que se van colocando balsas, bien retenidas por sus amarras, traveseros, áncoras y largueros.

CAPÍTULO LIV

PUENTES SOSTENIDOS POR CUERDAS

Los puentes colgantes de hierro que hoy dia se construyen no son más que imitaciones de los antiguos puentes de cuerdas, que, si bien no tienen tanta duracion como aquéllos, en cambio su ejecucion es mucho más rápida sin exigir para ello ningun trabajo preparatorio.

Uno de los medios más prácticos que se usa en América para franquear distancias, es empleando la *tarabita*, que no es más que una maroma que se ata á dos árboles ó palos (fig. 1858) á una y otra orilla de algunos rios, que no permiten el uso de barcos, y por la cual corre la *oroya* en que van las personas ó cargas que han de atravesar el rio.

En la obra *Las Cordilleras*, Humboldt describe puentes de cuerdas construidos de una manera sencillísima y sólida, uno de los cuales (fig. 1859) está establecido en el rio Chambo, en el Perú, y cuya longitud es de 39 á 40 metros por 2 metros á 2'50^{m} de ancho.

Las cuerdas están compuestas de raíces filamentosas y de bejucos de 16 á 20 centímetros de diámetro, tendidas cuanto permite su peso por medio de cabrestantes que sirven de estribos colocados en las escarpaduras.

Como seria muy peligroso el tenderles mucho, se les deja cierta curvatura, lo cual les ha dado el nombre de *puentes de hamaca*. Estas cuerdas están amarradas sólidamente á los estribos, y sostenidas en algunos puntos de su longitud por medio de caballetes de madera ó por troncos de árbol, cuyas ramas forman horquilla, ó por los mismos árboles si su situacion lo permite. El piso está formado por ramas bien atadas á las cuerdas-largueros. La gran oscilacion de estos puentes hace muy difícil la marcha por ellos.

Puente de cuerdas con estribos de madera. La fig. 1860 representa un puente de cuerdas de mucha luz, sostenido por estribos entramados A, B, que reciben las cuerdas de suspension *a*, cuya tension se ajusta por medio de los cabrestantes *b* y *d*

colocados en las dos extremidades del puente.

Las longitudes de las cuerdas verticales *c* que sostienen las viguetas *f* del puente, están fijas por medio de poleas *c*, de modo que el piso del puente forme una curva continua de flecha determinada. Los largueros *g*, que apoyan en las viguetas, están fijos por cuerdas y clavijas, y en ellos están tambien fijos una série de tablones de refuerzo. Cerca de cada lado del puente pasa un sistema de cuerdas, colocadas debajo de los tablones mantenidos por algunas ataduras. Estas cuerdas están tendidas por uno de los cabrestantes *h* ó *k*, para que las cuerdas verticales lo estén tambien, dando de este modo una estabilidad perfecta al puente.

A cada lado del puente se coloca una barandilla, cuyo pasamano está fijo en las cuerdas verticales, estableciéndose además otras cuerdas verticales tambien intermedias y cruces de san Andrés en los espacios.

Por esta disposicion cada cabrestante acciona sobre una cuerda únicamente.

La fig. 1861 es una seccion de este puente por un plano vertical, perpendicular á su eje, segun la línea *x y* de la figura 1860.

PUENTE DE CUERDAS DE POCA LUZ. La figura 1862 es el dibujo de un puente de cuerdas, en el cual las viguetas y los largueros pueden ser de madera redonda. Las cuerdas de suspension apoyan en montantes verticales, cuya forma y detalles están representados en la fig. 1863.

Los montantes y caballetes están mantenidos por tornapuntas que apoyan en zapatas en forma de cruz, mas, si el terreno es suficientemente sólido, se les puede hincar en él, reforzándoles igualmente con tornapuntas para conservarles su verticalidad, suprimiendo entonces las zapatas. Los cordajes de suspension y los de retencion que pasan por encima de los montantes, se tienden por medio de aparejos.

PUENTE DE CUERDAS SOBRE CABALLETES. Cuando el espacio es muy limitado, se puede establecer cómoda y rápidamente un puente por medio de un caballete sostenido por cuerdas.

La fig. 1864 es una seccion longitudinal de un puente de esta clase.

La fig. 1865 es la planta, en la cual están proyectados los varios detalles de su construccion.

La fig. 1866 es una seccion por un plano vertical, perpendicular á la direccion del puente, que pasa por la línea *m n*, de la fig. 1864.

Se ve, pues, que los largueros *a* están apoyados en los estribos *b* por un extremo, y en el travesaño ó asnilla *c* por el otro, estando sostenidos los travesaños inferiores por cuatro cuerdas *e* amarradas á los montantes *f*, hincados en los estribos y apoyados en las soleras *r*; las cruces *g* amarradas á las estacas *k* son las que impiden el movimiento oscilatorio del puente.

Esta construccion puede simplificarse sustituyendo el caballete por un entramado vertical, semejante á uno de los lados del caballete, sujeto á los tirantes de cuerda por medio de ataduras, y á los largueros por clavijas resistentes, cuyos largueros estarán á su vez sujetos tambien á las soleras de los estribos por medio de clavijas igualmente.

PUENTE CON ARMAZONES DE MADERA. La figura 1867 es el alzado de la parte de un puente sostenido por cuerdas tendidas horizontalmente por un caballete *a*, y tendidas por medio de aparejos *d* fijos en las estacas *c* á cada extremidad del puente.

La fig. 1868 es el alzado del caballete *a*, proyectado sobre un plano vertical, perpendicular al eje del puente.

La fig. 1869 es una seccion del puente por un plano vertical, perpendicular á su eje.

En esta figura, *e* son los montantes de suspension, *f*, las viguetas fijas en los

montantes por las llaves ó chavetas *g* que atraviesan á los primeros. Las cuerdas de suspension *b* pasan por unos agujeros practicados en los montantes *e*. Los largueros *h* apoyan en las viguêtas y el tablonado va clavado en los largueros ó está retenido por cuerdas.

Este sistema de puentes se utiliza únicamente para peatones.

Puente de cuerdas militar. La fig. 1870 es el alzado de un puente de cuerdas propio para servicios militares.

a, entramado de estribo.

b, cuerdas de suspension tendidas por medio de aparejos *c* amarrados á las viguetas *g* retenidas por estacas *p*.

d, cuerdas verticales.

h, vigas longitudinales compuestas de varias piezas empalmadas.

t, piso formado por viguetas sobre las cuales están colocados los tablones.

La fig. 1871 es una parte de la planta de este puente.

La fig. 1872 es una seccion vertical por el plano cuya traza es la línea *x y* de las figuras 1870 y 1871.

La fig. 1873 es el detalle de un entramado de estribo compuesto de montantes hincados en el terreno y ligados por cuerdas.

Las piezas *k* (figs. 1870 y 1871) tienen por objeto impedir que, al ejercer accion los aparejos, el entramado de estribos puede moverse.

Puente de cuerdas suspendido en mástiles. Cuando el ancho de un rio es demasiado grande para poder establecer en él un puente de cuerdas de un solo tramo, se le divide en varios tramos sostenidos por mástiles hincados en el lecho del rio.

La fig. 1874 representa el caso más sencillo, en el cual el ancho del rio se divide en dos partes por medio de un mástil *d*, al cual se fijan las cuerdas de suspension *b* que, por medio de aparejos *c*, sostienen las viguetas redondas *e* que soportan los largueros *a* á los cuales van clavados los tablones del piso.

La fig. 1875 es el alzado de los mástiles sobre un plano perpendicular á la longitud del puente, los cuales hincan en el lecho del rio, cuando éste sea sólido, que, si no lo es, entonces se le ponen unos durmientes en forma de cruz, en los cuales apoya el mástil, consolidándole con un enrocado.

Si el ancho del rio es mayor aun, se establecerán más mástiles pareados, procurando que los espacios entre esta especie de entramados no pase de una vez y mucho de la distancia del último al estribo, en cuyo caso el vértice del polígono funicular de suspension, invertido, no debe alcanzar el nivel del piso del puente.

CAPITULO LV

RUEDAS MOTRICES

Se da este nombre á las ruedas que reciben inmediatamente la fuerza motriz para transmitirla, por medio del árbol sobre el cual están fijas, á las demás partes de las máquinas.

Es materialmente imposible el poder entrar en la descripcion del sinnúmero de ruedas inventadas y empleadas hasta hoy dia, bastando hacer una ligera descripcion de las más notables, para que con ello se tengan las nociones necesarias á la ejecucion de las varias combinaciones que puedan presentarse.

Rueda hidráulica de paletas. La figura 1876 es una proyeccion de una rueda de paletas por un plano perpendicular á su eje, cuyas llantas constan de varias piezas curvas ensambladas y reforzadas con pernos; están combinadas con el eje por medio de radios ensamblados á caja y espiga en el árbol y por entalladuras con pernos en las llantas, constituyendo el conjunto una verdadera rueda.

En las corrientes estrechas bastan dos sistemas de radios para sostener las piezas de contorno, empleándose un mayor número si debe ser mayor su ancho.

Las paletas están clavadas en el contorno ensamblado á caja y espiga en las llantas.

Rueda de Poncelet. La fig. 1877 es una proyeccion vertical de esta rueda, por un plano perpendicular á su eje.

La fig. 1878 es una seccion por un plano vertical que pasa por el eje de rotacion de dicha rueda, viéndose en ella todos los detalles de su construccion. Esta rueda tiene 5'50^{m} de diámetro y unos 6 metros de longitud, componiéndose de dos anillos planos *a* y de otros tres intermedios *b* que dividen su longitud en cuatro partes iguales.

Estos anillos están formados por dos gruesos de tablas, de los cuales uno solo de ellos está ensamblado á las ruedas laterales y los otros dos lo están ambos en las ruedas centrales, uno á cada lado de los radios, unidos todos por medio de

pernos y tornillos, cuyas juntas de un grueso corresponden al centro de las longitudes del otro grueso. Estos anillos están formados por dos gruesos de tablas, de los cuales uno solo de ellos está ensamblado á las ruedas laterales, y los otros dos lo están ambos en las ruedas centrales, uno á cada lado de los radios, unidos todos por medio de pernos y tornillos, y cuyas juntas de un mismo grueso corresponden al centro de las longitudes del otro grueso. Estos anillos son los que forman las llantas, ó lados A (fig. 1877), las cuales están combinadas con el árbol *c*, por medio de ocho radios B, sujetos por pernos y fijos en los anillos centrales de hierro D, retenidos por medio de las placas C.

Cada radio se mantiene en la caja G formada por dos de los anillos centrales, formados por dos piezas G, F independientes, para facilitar la colocacion de dichos radios.

Los piñones son de hierro fundido y llevan una platina M que se une por medio de tornillos al anillo G, fijo en el árbol de la rueda. Los anillos *e* sirven para ajustar los anillos de fundicion y poder centrar la rueda.

La fig. 1879 es un detalle de los cajones curvos cortado por un plano perpendicular al eje de la rueda, cuyos cajones se trazan por medio de arcos de círculo, y cuyas extremidades se introducen en ranuras circulares practicadas en los costados de las llantas ó anillos de los bordes.

Los cajones de un intérvalo no deben corresponderse con los del intérvalo inmediato; luego, deben ocupar el centro del espacio entre dos cajones correspondientes de la otra cara, resultando que los cajones del primer y tercer compartimiento se correspondan, así como los del segundo y cuarto.

En la fig. 1877, H es el agua del canal superior de derrame é I el canal inferior de desagüe; L, es la compuerta de retencion del agua, que, en el caso presente, atendida la longitud de la rueda, se divide éste espacio en cuatro compuertas; K es una cremallera para abrir y cerrar la compuerta. Por medio de dos piñones montados en un mismo eje horizontal, movidos por un sistema de engranaje y un manubrio, pueden abrirse ó cerrarse dos compuertas á la vez; *m o* es la altura del agua que pasa por la compuerta y que obra sobre los cajones. En N se encuentra el tablonado en que está asentado el mecanismo de las compuertas.

Ruedas de tambor. Tambien se construyen ruedas cuyo contorno forma como una envolvente cilíndrica continua que constituye como una especie de tambor. En este caso, bien sea empleando hombres ó animales, que aparenten andar por su interior, su propio peso hace mover la rueda; pero este sistema tiene el inconveniente de que la potencia ó accion ejercida obra constantemente sobre un brazo de palanca muy reducido, comparado con los radios de la rueda, de modo que sólo se obtiene un resultado muy inferior comparado con el espacio ocupado por la rueda.

A veces en vez de formar un tambor se atraviesa la llanta de una rueda única por una série de maderos equidistantes, paralelos al eje, y subiendo los hombres por ellos como si subieran por una escalera de mano, su propio peso hace mover la rueda, cuyo sistema se aplica á las cabrias.

Ruedas movidas á mano. La fig. 1880 representa una rueda de este sistema, la cual se mueve por la fuerza ejercida en las palancas ó prolongaciones de los radios que sobresalen de su circunferencia ó llanta.

Estas ruedas se aplican igualmente á las cabrias, pudiéndolas colocar indistintamente sobre ejes horizontales ó verticales, en cuyo último caso ofrecen la ventaja de poder emplear mayor número de hombres en ellas.

Aletas de los molinos de viento. La

figura 1881 es la proyeccion de una de las alas de un molino de viento, por un plano perpendicular á su árbol, proyectado en C.

La fig. 1882 es otra proyeccion de la misma ala por un plano que pasa por el eje del árbol, perpendicular al plano anterior, y cuya traza es la línea A C.

La traza del primer plano de proyeccion sobre el segundo, es la línea A′ C′.

La fig. 1883 es una proyeccion de la punta cuadrada del árbol, por la cual pasan las alas, sobre un plano perpendicular á los dos anteriores.

Este árbol está atravesado por dos piezas cuadradas tambien, que se cruzan pasando una sobre otra; en la fig. 1883 está proyectado un fragmento de una de ellas por las líneas *m n*, *m′ n′*; y en la fig. 1881 lo está por las mismas líneas señaladas con las mismas letras.

La otra pieza está proyectada (fig. 1883) por el rectángulo 1-2-3-4. A estas piezas se las distingue con el nombre de *volantes*, y su escuadria en el punto de ensamble con el árbol, es de unos 30 centímetros de ancho por 13 de largo, en los grandes molinos. Si la madera destinada á volantes no es bastante larga, lo cual acontece casi siempre, se empalman las piezas á rayo de Júpiter *p q*, reforzándolas con hierros.

A unos 2 metros de cada lado del árbol se atraviesa el volante con una pieza *x y* llamada *lata* ó *tablilla*, cuyo eje forma con el del árbol un ángulo de 60 grados. En la extremidad del mismo volante se establece otra tablilla *x′ y′*, cuyo eje forma con el del árbol un ángulo de 80 grados.

Por los ejes de estos dos travesaños se hace pasar una superficie alabeada, y como los veinte y siete travesaños restantes, que se distribuyen á distancias iguales en la longitud del ala entre los primeros, tienen todos la misma longitud, bastará simplemente trazar sus ejes, proyectándoles en la fig. 1883, dividiendo los arcos de círculo *xx′ yy′* en veinte y ocho partes iguales; así cada punto de division da la posicion de un diámetro, y para obtener la proyeccion del eje de un travesaño se proyectarán los mismos puntos de division en la fig. 1881, sobre los ejes de los travesaños de igual número. De este modo se obtienen las curvas que sirven de eje á las piezas *xx′ yy′*, en las cuales se ensamblan los travesaños, las cuales resultan ser verdaderas hélices. Su escuadria es de 8 centímetros por 3, siendo la cara mayor la que recibe los ensambles de los travesaños, los cuales tienen 2‘60^{m} de longitud por 8 centímetros de ancho y 3 de grueso, siendo el ancho la cara perpendicular á la superficie alabeada.

En las figs. 1881 y 1882 únicamente el volante y los travesaños son piezas rectas, y los largueros de las alas son curvas por ser hélices sus ejes.

En el caso de dar igualmente alguna curvatura al volante para utilizar mejor la fuerza del viento, entonces la proyeccion sobre el plano perpendicular al eje del árbol (fig. 1881) permanece la misma, cambiando tan sólo la proyeccion sobre el plano que le es perpendicular (fig. 1884) por ser en este plano en donde se da la curvatura al volante.

La proyeccion del ala se deduce de la figura 1882, proyectando los ejes de los travesaños de la fig. 1884 sobre las prolongaciones de los de la fig. 1882, y aplicando las mismas longitudes en ellos á partir de la línea curva, que representa el eje del volante, cuya curva es un arco de círculo, de un décimo de longitud del volante para la flecha.

Tornillo de Arquimedes. Esta máquina, inventada hace unos 2080 años por el más grande geómetra de la antigüedad, se compone de un tubo que sirve de envolvente á una hélice arrollada á un eje que, si se la coloca en posicion convenientemente inclinada y se hace girar sobre su eje, hace subir el agua contenida en sus espirales ó compartimientos.

La fig. 1885 es la proyeccion vertical ó elevacion de un tornillo de Arquimedes montado en su caja, compuesto de cuatro montantes *a* ligados por traviesas *b*, y cuyos ensambles están consolidados por escuadras de hierro.

La fig. 1886 es una proyeccion del tornillo y de su caja, por un plano cuya traza es la línea *x y* (fig. 1885). Los travesaños superiores é inferiores *c* reciben á otros *d* en sus puntos medios, por los cuales pasan los muñones de hierro fijos en las extremidades del árbol ó eje del tornillo.

El tornillo se compone de un cilindro hueco compuesto de duelas, como los toneles, con la sola diferencia que no es, como en éstos, combado, es decir, que es un verdadero cilindro, en cuyo centro se encuentra un eje de igual longitud que aquél é igualmente cilíndrico. El espacio entre las paredes interiores del cilindro y el árbol está ocupado por tres canales ó tubos rectangulares formados por otras tantas divisiones de superficie alabeada, cuyas generatrices son líneas rectas que pasan por el eje, siéndole perpendiculares, y por directrices de las hélices trazadas en las paredes interiores del cilindro. Cada division está formada por tablas delgadas, convenientemente talladas segun la inclinacion de las superficies alabeadas, ensamblando por medio de ranuras practicadas en el eje y en las paredes interiores de la envolvente ó cilindro, siguiendo el trazado de la hélice.

La fig. 1887 es una proyeccion del tornillo sobre un plano vertical, paralelo á su eje, suponiéndose quitada parte de la envolvente para que pueda verse el interior.

La línea *m t* es una tangente á la curva que determina una division en el eje, y la línea *m n* es el nivel de la superficie del agua contenida en el compartimiento comprendido entre dos divisorias, la cual va subiendo siguiendo el paso de la hélice á medida que se hace girar á ésta.

La fig. 1888 es una seccion por un plano perpendicular al eje del tornillo.

La fig. 1889 es la proyeccion de una de las tablas de division, llamadas *gradas* por la semejanza que tienen con las de escalera.

La fig. 1891 es el perfil de una grada.

Las figs. 1890 y 1892 son las proyecciones de sus extremidades, representándose en ellas las trazas de las superficies superior é inferior de la grada, para poder labrar las superficies alabeadas.

Las figs. 1893, 1894 y 1895 se refieren al corte de la madera para prepararla.

La fig. 1895 representa la economía que ofrece el cortar unas gradas de un mismo trozo de madera, aserrándolas en esviaje y á hilo, con preferencia á cortarlas de tablas, como representan las figuras 1893 y 1894.

En los tornillos que se construyen en Holanda, el tornillo es independiente de su envolvente y giran solos, de modo que se suprime la mitad superior del cilindro exterior por innecesario (fig. 1896).

a, es el eje ó árbol.

b, *b*, *b*, son las tres divisorias fijadas en él por medio de bandas de hierro arrolladas en forma de hélice en la superficie exterior de dichas divisiones.

c, es el semicilindro fijo sostenido por entramados, compuestos de un durmiente *d* ensamblado por medio de entalladuras á las soleras *g*, de los montantes *e*, de dos curvas *o* que hacen el efecto de tornapuntas y de dos carreras *h*. Estos entramados están espaciados de 1'50^{m} unos de otros siendo su número proporcionado á la longitud del tornillo.

CARPINTERIA DE TALLER

(Todas las figuras y láminas que se citarán corresponden al álbum de Aplicaciones.)

CAPÍTULO LVI

GENERALIDADES

El arte de la carpinteria de taller se distingue muy particularmente de la de armar en el modo de trabajar la madera, ya con relacion á las herramientas que se emplean, como por recibir un pulimento más esmerado y un ajuste más perfecto.

En la carpinteria de taller la primera materia empleada es la que da la guia, tanto para los varios procedimientos de ensamble que deban emplearse, como para dar las formas apropiadas á su estructura, por poseer la madera propiedades particulares, segun se la emplee ya como á forma ó ya segun la direccion de sus fibras.

El conocimiento perfecto de las obras es una de las principales circunstancias que debe poseer el carpintero, para que pueda trabajar con gusto y economia, con lo cual así sabrá trabajar la madera ateniéndose á su contextura ó á su fuerza.

Las maderas que generalmente trabajan los carpinteros agrícolas, torneros, ebanistas y los constructores de carruajes, son el tilo, el arce, la acacia, el cerezo, el sauce, el acebo, el peral, el nogal, el sicomoro el tejo, los cuales se emplean para objetos de quincalleria; el abedul se emplea en la carpinteria de armar ligera; el olmo, se emplea para ataudes y piezas para la carreteria; el castaño se le emplea para la construccion de los cuchillos de armaduras; el pino, el abeto y el alerce son los que se emplean corrientemente en la carpinteria.

En las ciudades, las maderas indígenas que comunmente se emplean para la construccion ó para la industria, son la encina, el olmo, el fresno, el haya y el castaño.

Para todos los objetos que requieran una gran fuerza, ya para obtener resistencia á la presion y á la torsion, ó ya para obtener duracion ó tenacidad, la mejor madera es la encina ó el roble, la cual se presta mejor que ninguna otra á todos los trabajos de carpinteria, á causa de la fi-

nura de sus fibras y por el color y variedad de sus venas.

Esta madera tiene un tinte rojizo; las capas y los radios medulares son muy numerosos y bien determinados; su grano es recto, apretado, generalmente sin nudos y susceptible al pulimento.

El inconveniente que tienen todas las especies de encina es que se deforman y hienden al secarse. Para emplearse debe estar perfectamente seca, es decir, que tenga seis años de apilamiento despues de cortada.

Las cualidades indispensables que deben tener las maderas de construccion son: que sean grandes, fuertes, fáciles de trabajar, ligeras y poco corruptibles.

Las maderas pueden dividirse en cuatro categorias:

La primera comprende las maderas duras; la segunda, las resinosas; la tercera, las blancas ó tiernas; la cuarta, las finas.

Maderas duras: La encina, el castaño, el olmo, el fresno, el haya y el nogal.

Maderas resinosas: El pino, el abeto, el cedro, el alerce, el tejo y el ciprés.

Maderas blancas ó tiernas: El álamo blanco, el pobo-árbol, el abedul, el aliso, el arce, el ojaranzo, el tilo, el sauce, el plátano, la acacia, el laurel.

Maderas finas: El peral, el manzano, el cerezo, el serbal, el ciruelo, el níspero, el madroño y el boj.

En cuanto á las maderas finas exóticas, como forman unas clases separadas, se clasificarán con relacion á las aplicaciones que pueda hacerse de ellas en carpinteria.

La encina es la madera de construccion más rica que pueda emplearse; por su gran rigidez, que evita la deformacion; por su finura de fibras, que permite un labrado perfecto y buen pulimento; por su dureza que la hace presentar igual y compacta toda ella; por su gran duracion y por la belleza que presenta, por lo cual no necesita pinturas que la adornen.

En la Edad-Media tardaban por lo menos unos seis años en emplear la madera de encina despues de cortada, bien al revés de hoy dia que á veces se la emplea á medio secar; despues la dejaban durante mucho tiempo en sitios húmedos, y hasta á veces dentro del agua con el objeto de hacer desaparecer las sustancias fermentables que pudiera contener; pues se sabe que la madera contiene sávia que con el tiempo evapora el agua, quedando las partes fijas que son las que arrastra el agua corriente en donde se coloca la madera. Hecho esto, apilaban las maderas de modo que el aire pudiese circular por entre ellas, y una vez secas se obtenia un material muy rico y duradero.

La madera la cortaban en forma radiada que, así es menos susceptible á las influencias atmosféricas, si bien da un pequeño desecho que queda compensado con el esceso de solidez que adquiere.

La encina crece preferentemente en los terrenos arcillosos, resistiendo á las alteraciones de sequedad y humedad.

Las encinas más comunes y cuyo empleo es más frecuente, son la encina comun, la cabelluda, la de grapas, la de Holanda y la de los Pirineos.

La encina comun más fuerte y más robusta es muy dura y se la emplea generalmente en la carpinteria.

La encina cabelluda es una especie muy grande y hermosa que crece en España, en Italia y en el mediodia de Francia.

La encina de grapas es una de las más grandes y mejores especies.

En cuanto á la encina verde que generalmente crece en el mediodia de Francia, se la emplea muy raramente, por ser muy torcida, pesada, dura y por consiguiente difícil de trabajar.

La encina de Holanda crece en terrenos húmedos, y, por lo mismo, presenta sus cualidades con relacion á su suelo. Es, pues, blanda y grasa, teniendo sus

fibras muy rectas. Se la trabaja con facilidad y sirve preferentemente para hacer tableros, tapas ó fondos de puertas y ventanas. Además, siendo tan blanda como la proveniente de los Vosgos, tiene la incontestable ventaja sobre ésta de tener el grano más fino y más compacto. Su color es de un amarillo claro algo pardusco.

Las condiciones generales á que obedecia la carpinteria en la Edad-Media eran: 1.ª, economia en la madera; 2.ª, la mayor fuerza posible en las ensambladuras.

En cuanto á la primera condicion, tenian muy en cuenta su valor, por lo tanto, conocedores como eran del material, no le derrochaban, partiendo del principio de que los únicos desechos que debe hacer un buen carpintero son las virutas provenientes del cepillo y el serrin proveniente de la sierra, debiendo apropiar las dimensiones de las tablas al trabajo que deba hacerse, poniendo en armonia, al propio tiempo, la mano de obra con la clase de madera; es decir, á madera rica, mano de obra tambien rica en arte y esmero.

En cuanto á la segunda condicion, no hacian como hoy dia que las molduras, por ejemplo, se hacen corridas formando marco, sino que, comprendiendo que la arista viva no es buena, la achaflanaban, dejando robusta la madera en el punto en que más se necesita, como es en las ensambladuras, lo cual prueba que sabian trabajar con inteligencia.

El problema á que debe sujetarse la carpinteria de taller es el siguiente: *Dada la forma exterior de un objeto, reproducir esta forma por medio de piezas ligeras sólidamente unidas.*

La madera que generalmente emplea el carpintero es en tablones, llamados así por tener mucho ancho relativamente al grueso, y cuyos tamaños varian en el comercio, siendo los más usuales los de $^1/_4$ del palmo (0'049^m) de $^1/_4$ y medio (0'073^m) y de $^1/_2$ palmo (0'097^m), adoptándose en cada caso el tamaño que mejor convenga á la construccion.

En cuanto al ancho de los tablones, acostumbra á ser de $^5/_4$ de palmo escasos (0'24^m).

El largo es de varias medidas, pues los hay de 20, 21 $^1/_2$, 22, 24 palmos, y más aun, pagándose á tanto el palmo lineal.

Debe tenerse presente al trabajarse la madera que, cortada en tablones, está sujeta á abarquillarse, y es aquí en donde entra el talento del carpintero para trabajarla bien y con poca merma.

La síntesis que se desprende de lo dicho es la siguiente: Ejecutar obras de dimensiones variables y de invariabilidad de forma, compensando los movimientos de las piezas por medio del arte.

ENSAMBLADURAS

Las ensambladuras empleadas en la carpinteria de taller son muchas, pues comprenden todas las de la carpinteria de armar, á caja y espiga recta y oblícua, de ranura y lengüeta, á rayo de Júpiter, etc., usándose además otras especiales, la primera de las cuales es la llamada de *gargol (cadell)*, que es de las más comunes, la cual se puede hacer á uno y á dos *górgoles*.

Esta ensambladura consiste en una ranura practicada en el marco que recibe al tablero, haciéndose de modo que éste no llegue al fondo de aquélla, y quede un espacio para que el tablero pueda dilatarse libremente, quedando al propio tiempo dominado por el marco, que tiene mayor grueso que él.

Si se colocase el tablero bien ajustado en el marco, sucederia que, al dilatarse aquél, debido á los movimientos naturales que hace toda madera empleada en

tablas, y no teniendo espacio libre en donde correrse en la ranura, se curvaria ó haria saltar á ésta.

A veces, con un fin determinado, se da mucho grueso al tablero, debiendo serle el marco proporcionado, y entonces se le hacen dos gárgoles, como acontece cuando se construyen puertas de escalera.

Si el tablero tiene igual grueso que el marco, entonces se hacen dos espigas en el tablero y otras dos en el marco, de modo que, tanto el uno como el otro tendrán un gargol; tambien puede hacerse un gargol en el marco y una espiga á media madera en el tablero.

Hay, además, la ensambladura llamada de *inglete* que se labra en el marco, pudiéndosela hacer en los extremos ó en puntos intermedios. En el primer caso, los largueros llevan una caja en donde se cobija la espiga del travesaño á $^1/_3$ de madera. En el segundo caso, la misma ensambladura se verifica en un punto intermedio, en donde hay dos ingletes á doble cartabon.

Si la madera ha de quedar vista, es decir, que no deba pintarse, se dispone la junta en sentido diagonal.

Las puertas, ventanas y balcones, como piezas movibles que son, es preciso que tengan puntos de apoyo, para lo cual se practican las aberturas convenientes en los muros, revistiéndolas con marcos, evitándose así el llamado exportillamiento.

El marco consta de dos piezas verticales ó largueros, y de una horizontal ó travesaño ó tabio.

De los dos largueros, al que lleva visagras ó sea aquel en donde gira la puerta, se le llama *larguero de fijas*.

Como acostumbran á tener el mismo grueso que el del tabique, deben darse al carpintero, como á dimensiones, el grueso del ladrillo, más el de los revocados; pues, si no se hiciera así, saldria más el muro que el marco, produciendo muy mal efecto.

Al rededor del marco se hace una entrada *(galce)* en donde se cobija la puerta, con lo cual se evita el paso del aire y de la luz.

En la arista saliente del marco se ponen generalmente molduras, ó bien se achaflaman, con el objeto de evitar las aristas vivas.

Para cerrar las juntas de union entre la madera y la fábrica, sin que aquélla quede cohibida en sus movimientos, se pone una moldura aplicada la mitad en el marco y la otra mitad en el muro, clavada en aquél únicamente, que así, teniendo libertad de accion no se raja, consiguiéndose, al propio tiempo, más vistosidad ó efecto decorativo y mayor ancho en las diminuciones del marco, que, por otra parte, es conveniente no sea mezquino.

Los contratistas que, en general, construyen para vender, buscan la mayor economia posible en sus obras en detrimento del comprador, y les dan á los marcos, $^1/_4$ de palmo ó 0'049^m; pero en una construccion en debida forma, debe dárseles por lo menos $^1/_2$ palmo, ó 0'097^m, que así todo queda bien sujeto, no ofreciendo ningun punto débil.

Tambien pueden ponerse marcos de mayor grueso que el del tabique, suprimiendo la moldura que cierra las juntas de union de ambos, en cuyo caso suelen llevar una rama en la que entra el tabique, y que tambien puede moldurarse más ó menos.

Si en vez de ir empotrado el marco en el tabique lo está en un muro, acontece tambien lo mismo, es decir que, su grueso deber ser igual al del muro, más el de los dos revocados, dándoseles en general medio palmo ó 0'097^m, y entonces se tapa la junta con listones moldurados.

Debe cuidarse que el liston colocado en la parte por donde abre la puerta no sea muy saliente, porque una vez abierta ésta, no quedaria adosada á la pared; así es que estos guarnecidos se ponen á última hora y proporcionados á las necesidades.

Si el muro es de mayor espesor, que tenga 0'30^{m}, por ejemplo, si se pusiera el marco de todo el ancho del muro, se necesitaria mucha madera, en cuyo caso se ponen dos marcos, uno en cada esquina, para garantir la arista el uno y para colocar la puerta el otro, necesitándose entonces cuatro guarnecidos.

Si los marcos han de servir para ventanas ó balcones, como deben ir colocados en fachadas, no se les da todo el espesor del muro, tanto para economizar madera como para no exponerlos demasiado á la accion del sol y de la intemperie. En este caso se pone el marco en la arista interior del muro, y para tapar la rendija se pone un madero llamado *tapabocas*, y al conjunto se le llama *bastimento de huella*.

En construcciones de poco valor las rendijas se tapan con guarnecidos por resultar más económicos, si bien no son tan duraderos.

En ventanas y balcones se emplean los ladrillos llamados de *pata de jamon (de caixal)*, los cuales dejan el hueco para colocar el marco, que consta de cuatro piezas, dos verticales y dos horizontales, dando á la horizontal inferior cierta inclinacion hácia fuera para que vierta las aguas de lluvia al exterior y no penetren en las habitaciones.

Para retener los marcos se hace por medio de *lañas* de hierro (*gafas de punta*) que se clavan á ellos sujetándolas con yeso en la fábrica.

A veces en vez de ser clavadas van atornilladas al muro en forma espiral, que aun es mejor.

Las caras de los marcos que tocan á la fábrica no se hacen lisas, sino que se les hacen asperezas con la azuela para que adhieran mejor.

OBSERVACIONES REFERENTES Á LA CONSTRUCCION DE LOS MARCOS. 1.ª Procurar que la union de los tabios con los largueros sea bien sólida, y si es posible hacer dos espigas, no hacer una sola.

2.ª Que tanto los largueros como los tabios sean bien rectos y bien planos: bien rectos para no dificultar los movimientos giratorios de las puertas, y bien planos para que se amolden perfectamente á las formas planas de los muros, de modo que no haya ningun resalto.

3.ª Como los marcos para puertas no constan más que de tres piezas, dos largueros y un tabio, y como podrian hacer algun movimiento al transportarlos á la obra ó al colocarlos, así que el carpintero los tenga corrientes les clavará un travesaño intermedio para dar invariabilidad de forma á los largueros, y otros dos inclinados que unan los largueros al tabio para conservar los ángulos rectos que forman entre sí, cuyos travesaños se quitan luego de colocado el marco en el muro.

4.ª Que la molduracion que se haga sea tanto en dibujo como en riqueza apropiada á la decoracion de las habitaciones.

OBSERVACIONES REFERENTES Á LA COLOCACION DE LOS MARCOS. 1.ª Interesa mucho que los marcos queden bien sujetos á los muros ó tabiques, para que no puedan moverse y no desarreglen el cierre de las puertas y ventanas.

2.ª Que los largueros se pongan bien verticales, lo cual puede hacerse sin dificultad por colocarse antes de principiar el muro, teniendo cuidado tambien de que, á medida que éste se construya, ir comprobando continuamente la verticalidad de aquéllos.

Convendria mucho dejar los largueros libres por la parte inferior, para que puedan ir siguiendo el movimiento de contraccion del muro.

CONSTRUCCION DE LAS PUERTAS. Segun la situacion que deban ocupar las puertas, se las puede dividir en *exteriores* é *interiores*, y segun su forma, en puertas de *una hoja* y de *dos hojas*.

Las de una hoja son aquellas que estando sujetas á un larguero ó girando sobre él, abren ó cierran en el otro largue-

ro; las de dos hojas son aquellas que giran al rededor de ambos largueros, y abren ó cierran por el medio del hueco que ocupan, cuya division debe tenerse muy en cuenta por lo que hace referencia á la parte económica, pues que las de dos hojas son más caras que las de una hoja, por haber más mano de obra.

Hay puertas llamadas de *librillo* que constan de dos hojas, que á su vez se dividen en otras dos, las cuales se aplican á los ángulos de la abertura.

Las puertas segun sus dimensiones pueden dividirse en grandes, medianas y pequeñas, pero la division mejor es la siguiente:

1.ª Puertas construidas sobre barrotes.

2.ª Puertas construidas sobre marco ó cerco.

3.ª Puertas construidas por medio de bastidores y tableros.

PUERTAS CONSTRUIDAS SOBRE BARROTES. Los barrotes son unas piezas transversales colocadas sobre otras con el objeto de reforzarlas ó retenerlas.

Estas puertas constan de una série de tablas puestas las unas al lado de las otras, cuyo ancho total debe subordinarse al del hueco, así como tambien su longitud, y retenidas por medio de unos barrotes de madera transversales clavados en ellas.

La construccion de estas puertas es sencillísima, y la distancia entre barrotes varia entre 0'50ᵐ y 0'80ᵐ.

Las dimensiones de estos barrotes dependen de la importancia de la construccion; así pues, en construcciones ligeras se suele dar á las tablas 0'025ᵐ de grueso y 0'04ᵐ á los barrotes, con un ancho de 0'10ᵐ á 0'12ᵐ.

Para puertas de mayor solidez se da á las tablas un grueso de 0'03ᵐ á 0'05ᵐ, y á los barrotes de 0'06ᵐ á 0'07ᵐ, con un ancho de 0'12ᵐ á 0'15ᵐ.

Los medios de sujecion de los barrotes son dos: ó por medio de clavos ó por clavijas de madera.

Los clavos deben tener la longitud dos veces mayor que el grueso del barrote, cuya punta se remacha luego sobre él, si se le coloca en la parte posterior ó sobre la tabla, si se le coloca en la parte anterior de la puerta.

Para sujetar los barrotes con las tablas por medio de clavijas, se hace un taladro de parte á parte, introduciendo la clavija á fuerza de mazo, por cuyo motivo debe ser ésta de madera muy dura.

En construcciones ligeras las tablas se ponen al tope ó á junta plana; mas como por este medio se da paso al aire y á la luz, debido á la contraccion de las tablas, lo mejor es unirlas por caracolado; y en cuanto á los barrotes, en muchos casos se achaflanan sus aristas longitudinales exteriores, que además de presentar buen aspecto evitan los esportillamientos.

PUERTAS CORRIDAS SOBRE MARCOS. Para la construccion de estas puertas se establece primeramente un marco, en el cual se clavan las tablas, poniendo uno ó más travesaños intermedios segun las dimensiones de la puerta, añadiendo tornapuntas para obtener invariabilidad de forma.

Puede presentarse el caso de tener que construir una puerta de arco de medio punto, procediéndose entonces como en el caso anterior, es decir, que se forma primeramente el marco, se ponen las tablas y los travesaños y tornapuntas.

Tanto si la puerta es de una hoja como de dos hojas, las tablas pueden ponerse verticales ó diagonales de parte á parte, ó formando espina de pescado.

Estas puertas se emplean en construcciones de segundo órden. Sus dimensiones dependen del tamaño de las aberturas, así como tambien las escuadrias de la madera, es decir, que á puerta grande se emplea madera más gruesa.

La sujecion de las tablas á los marcos puede ser ó por clavos ó por clavijas.

No siempre se colocan las tablas sobrepuestas á los marcos, sino que se las coloca dentro de un rebajo practicado en todo su alrededor.

PUERTAS COMPUESTAS DE TABLEROS Y MARCOS. Este sistema de puertas es el que generalmente se usa, variando segun el número de piezas que las componen, segun su forma, sus dimensiones, etc.

Constan de un marco de cuatro piezas, dos largueros y dos tabios, y generalmente de un travesaño, llamado *peinado*.

El tablero no es siempre de una sola pieza, sino de varias á junta plana encolada.

Se llama *larguero de mano* aquel que se coge con la mano para abrir ó cerrar la punta, y *larguero de fijas* al que recibe las visagras.

Generalmente si la puerta tiene un solo peinado, no se le coloca en el punto medio de la altura, sino que se pone más bajo para que, resultando desiguales los tableros, den mejor vistosidad y elegancia de forma.

Si las puertas son muy altas, se les ponen dos peinados, haciendo de modo que los tableros extremos sean iguales y más pequeños que el del centro.

Con los tableros, peinados y largueros intermedios pueden hacerse un sinnúmero de combinaciones, moldurándose más ó menos los espacios intermedios, y entonces se da á las puertas el nombre de *puertas de cuarterones*.

Cuando los tableros son grandes, se hacen molduras en ellos con el objeto de que no sufra el marco, debilitándose el tablero por la parte de la union con aquél.

Cuando el tablero es plano por un lado y rebajado por el otro, se le llama *tablero rebajado de una cara*, que es más económico que el *rebajado de dos caras*.

PUERTAS-VIDRIERAS. Las puertas-vidrieras se colocan en aberturas que por su posicion especial ó índole de la dependencia, tienen por objeto impedir el paso del viento solamente, pero no á la luz, pudiendo ser para grandes y pequeñas aberturas.

De esta clase de puertas las hay de dos clases: fijas y movibles.

Las primeras se emplean cuando los ventanales no son muy grandes, y consisten en un marco ó bastidor compuesto de dos largueros y dos tabios, cuyo espacio se subdivide más ó menos segun el gusto del constructor ó el gusto de la época.

La subdivision se hace por listones delgados que no impiden tanto el paso de la luz como si fuesen más anchos, subordinados siempre al grueso del vidrio que deba colocarse.

Cuando los ventanales son muy grandes se armoniza á veces la carpinteria del marco con la de la habitacion, poniendo una imposta de madera que subdivide en dos este grande ventanal.

A veces los vidrios no se cortan rectangulares sino en formas poligonales más ó menos caprichosamente combinadas, y los listones se disponen entonces siguiendo las mismas formas.

Las puertas-vidrieras movibles pueden ser de una y de dos hojas, lo cual depende de varias causas, poniéndose generalmente las de una hoja en aberturas que no pasen de 0'80^{m}. de ancho.

Su colocacion es por medio de visagras ó por un sistema especial, que consiste en dos piezas sueltas que la una lleva una espiga de seccion circular que se introduce en una caja practicada en la otra, dentro de la cual gira, yendo la de la espiga sujeta al marco del hueco y la de la caja al marco de la vidriera.

Estas vidrieras movibles constan de las cuatro piezas primordiales, esto es, los dos largueros y los dos tabios, cuyo espacio comprendido entre ellos se subdivide por listones horizontales y uno ó dos verticales, segun las dimensiones.

En las ventanas ó balcones movibles debe atenderse al talud exterior que se forma en la parte baja, haciendo de modo que sobresalga del marco, para que tengan fácil salida las aguas de lluvia que se derraman al exterior.

VIDRIERAS DE ALCOBA Y DE PARED. Se llama alcoba á un espacio rectangular cerrado por tres paredes y unas vidrieras anchas, que permiten el paso de la luz.

En estas vidrieras, que constan de las mismas partes que las ya esplicadas, debe atenderse muy particularmente á la union de las hojas en el marco y de su union entre sí.

Cuando la altura de estas vidrieras es mucha, se les pone una imposta fija de madera en la parte alta.

Las vidrieras movibles no lo son tan sólo por resbalamiento, sí que tambien se les puede dar el vertical y el giratorio, bien sea por el centro ó por sus bordes.

En las vidrieras que giran al rededor de un eje horizontal, las dos piezas verticales del marco llevan dos hierros que penetran en un taladro practicado en el marco del muro.

Las que abren sobre el tabio inferior ó superior llevan visagras.

Para el grado de abertura que quiera darse se emplean diversos sistemas, empleando en todos ellos bramantes y poleas, colocadas en donde convenga, segun la altura y forma de las aberturas.

Para dependencias interiores se usan vidrieras de movimiento de traslacion horizontal ó vertical de abajo arriba ó de arriba abajo, en cuyo caso resbalan sobre guias de madera ó de hierro, llamándose á estas vidrieras *correderas*, y á las cuales se ponen ruedecitas para facilitar los movimientos.

Si se las emplea para balcones se forma un tabique hueco en el muro en donde se introducen al abrirlas, pero tienen el inconveniente de que una vez cerradas dejan pasar el aire.

VENTANAS Y BALCONES. En Barcelona las ventanas y balcones están provistos de vidrieras, llevando, ademas, postigos ya para seguridad, ya para no dar paso á la luz cuando convenga.

En Madrid, si bien se emplean los postigos, no forman juego con la vidriera, pues que forman un cuerpo aparte é independiente de aquéllas.

En Barcelona el postigo va adherido al marco de la vidriera por medio de visagras, siendo dicho postigo una pieza de madera con su marco, de las dimensiones del hueco de la vidriera.

En los balcones, estos postigos cogen nada más que la parte de los vidrios, es decir, desde el tabio superior hasta el peinado.

En general, estos postigos se hace que cojan toda una hoja de la vidriera; pero si se desea que no molesten al interior, se hacen postigos dobles, es decir, que cada uno se divide en dos.

PERSIANAS. Las persianas son una especie de postigos de construccion especial, cuyo fin es privar de los rayos del sol y dejar libre el paso al aire, pudiéndose sin embargo graduar la intensidad de luz que se desee.

Las persianas tienen la ventaja de no dejar ver fácilmente de fuera adentro y sí de dentro afuera.

Casi siempre constan de dos hojas aseguradas ó bien á la silleria que forma las aberturas, ó bien al marco del hueco del balcon ó ventana.

Las persianas pueden ser movibles y fijas, constando en ambos casos de un marco ó bastidor formado por dos largueros y dos tabios, cuya escuadria varia entre 0'081^{m} y 0'101^{m}, siendo su grueso de 0'034^{m} á 0'045^{m}.

Si su altura es mucha, se divide por medio de travesaños y los espacios que quedan libres se ocupan con tabletas, cuyo espesor suele variar entre 0'009^{m} y 0'011^{m}, las cuales se unen á los largueros por unas

espigas de seccion circular que se introducen en unos agujeros practicados en ellos.

El ancho de las tabletas se calcula de modo que cuando está completamente cerrada la persiana, una tableta solapa algun tanto á la otra; porque si no fuese así, quedarian espacios entre ellas por donde pasaria la luz.

Como estas tabletas han de ponerse en movimiento y lo han de efectuar todas á la vez y con facilidad, se coloca un liston en el centro de la persiana que las coja de arriba abajo á todas por medio de unos aretes.

Las persianas fijas se construyen como las anteriores, sólo que las tabletas están aseguradas al marco y colocadas en posicion inclinada, que generalmente es á 45 grados, y la distancia entre ellas es la que determina la línea que pasa por los extremos opuestos de dos tabletas contiguas y que se dirige y permite ver á la calle. Su union es á caja inclinada.

Conocidas ya estas generalidades relativas á la carpinteria de taller, toca presentar ahora los modelos de varias construcciones, ya para que se conozca la estructura especial de cada uno de ellos, ya para que, sirviendo de consulta, permitan al propio tiempo combinarles y crear tipos nuevos segun el gusto y capacidad del constructor.

CAPITULO LVII

PUERTAS, BALCONES Y VENTANAS

PUERTAS DE ENTRADA DE EDIFICIO

Puerta bastarda

Lámina 55.

Fuerza es confesar que el arte de carpinteria, en la segunda mitad del presente siglo, concibe ó trata las obras muy al revés de cómo se hacia en épocas anteriores. Antiguamente los interiores se construian parte en madera, parte en tapicerias, y los exteriores se completaban con puertas y ventanas, cuya composicion y buena labra acusaban ya la belleza interior.

Hoy dia los artistas en general atienden preferentemente al exterior, lo cual es muy sensible, puesto que en muchos casos este exceso de lujo en la envolvente, si así puede decirse, redunda en perjuicio del interior.

En toda obra el punto capital es la composicion, subordinada siempre á la materia que deba emplearse y en armonia con la masa general de la construccion. Si se examinan de cerca las obras ejecutadas hasta el dia, se notará ciertamente que el trabajo en sí ha contribuido especialmente al apoyo del arte, ayudado de los medios mecánicos é industriales para poder realizar la obra concebida en condiciones esenciales de solidez.

La puerta de que se trata es de dos hojas, de aristas achaflanadas; las clavijas de los ensambles quedan ocultas por una ornamentacion hueca, y cuyos detalles en general están representados con la mayor claridad al rededor del alzado.

Puerta bastarda de dos hojas, estilo Luis XIV

Lámina 145.

La época de Luis XIV comprende el período más potente y más grandioso de la carpinteria, en la cual, para poder ejecutar ciertos trabajos, se requeria una verdadera ciencia, puesto que tenia que luchar con la falta de medios materiales de ejecucion.

Cada fase de un arte que se transforma conserva siempre un resto del arte que le ha precedido, de modo que en la primera mitad de la época de Luis XIV se encuentra una reminiscencia de la época de Luis XIII, y si bien la forma cambia y toma otros desarrollos, conserva, no obstante, parte de la ornamentacion primera.

Así, pues, la puerta bastarda de que se trata conserva aun en su nuevo carácter fragmentos de ornamentacion correspondientes á la época que le precede, puesto que su tablero superior junto con los adornos colocados en él, denota ciertamente la época de su ejecucion; no así el friso del peinado superior que pertenece á la época de Luis XIII, así como tambien los tableros inferiores.

En cuanto á la construccion de esta puerta, está concebida como se acostumbraba en aquella época, que es como aun se construyen hoy dia; esto es, empleando un gran bastidor. Generalmente, como ya se ha dicho, toda puerta se compone de dos partes, el bastidor y el fondo ó tablero, de las cuales la primera debe ser proporcionada á las dimensiones de la obra y debe mantener el todo sólidamente; y en cuanto al tablero debe estar bien sujeto en el primero.

Si, pues, á este primer bastidor se le añade otro intermedio, es evidente que, por su disposicion y sus ensambles con el marco exterior y el tablero, recibirá los esfuerzos y el movimiento que á su vez reciban todas las maderas bajo la influencia de las variaciones atmosféricas.

De modo que, los trabajos ejecutados de este modo son muy difíciles de deformarse, resultando con una tenacidad extraordinaria.

Puerta bastarda moderna

Láminas 146 y 147.

Estas láminas representan el alzado y detalles de ejecucion de una puerta bastarda moderna, llena hasta cerca de la mitad y hueca en la otra mitad superior, en la cual se ha colocado una ornamentacion de hierro vírgen, que produce muy buen efecto.

Para su ejecucion basta consultar los detalles que se representan, los cuales pueden modificarse segun el gusto del carpintero y segun las combinaciones de color que se quieran dar; pues, por su estructura, esta puerta es susceptible de recibir algunos toques dorados ó plateados junto con una entonacion general bronceada ó terrosa para su mejor efecto.

Otra puerta bastarda

Lámina 150.

Entre el gran número de cierres exteriores que en las grandes poblaciones se construyen en los edificios particulares y los destinados á inquilinos, el que está más generalmente en uso es el *tipo bastardo*. Los motivos de este uso casi general no es muy difícil de esplicar. Salvo raras escepciones, tanto en las calles nuevas que se construyen como en las rectificadas, las construcciones que se levantan obedecen á las costumbres y á las necesidades actuales. Lo primero que buscan los constructores es construir casas en donde quepan el mayor número posible de inquilinos, y por lo tanto que den gran interés al capital. En estas construcciones, como el espacio edificado es dinero y los patios y jardines son partes perdidas de la construccion, se reducen éstas de modo que todo lo relativo al servicio público, como es la escalera y la puerta de entrada, no relacionadas directamente con el patio central que da luz á aquélla, resultan con dimensiones exíguas muchas veces, y entonces en vez de puertas-cocheras se establecen puertas mixtas ó puertas bastardas.

La puerta bastarda de la lámina 148 es de dos hojas, y consta de dos tableros llenos y otros dos huecos ocupados por una rejilla de hierro formando dibujo, y el conjunto presenta un estilo sencillo y correcto.

Puerta oriental moderna

Lámina 149.

Esta puerta es de dos hojas, cada una de las cuales consta de un bastidor, dividido en tres partes por dos peinados que forman con los tabios dos cuadrados perfectos, resultando el tablero central muy prolongado. La única originalidad de esta obra consiste en la disposicion de las tabletas en relieve que la adornan.

Puerta estilo del siglo XVIII

Lámina 150.

En esta época se habian generalmente abandonado las curvas suaves y complicadas que tanto se emplearon en tiempo de Luis XV, volviéndose á las formas rectilíneas peculiares á la segunda mitad del siglo XVIII, y acusadas con franqueza en la disposicion de los tableros de este modelo, ofreciendo así un conjunto por demás agradable.

Su construccion es muy sencilla y muy bien entendida, pues mantiene sólidamente los cuadros y tableros comprendidos entre los montantes y los tabios.

Los detalles que se acompañan permiten apreciar el estudio general de los perfiles. La seccion C es la del pequeño cuadro de ángulos salientes que decoran la parte superior de la puerta. El perfil de los medallones de la parte baja está representado en la seccion A. La seccion B es la seccion del cuadro que encierra á los medallones. La parte escultórica debe ser de una ejecucion muy esmerada en relacion con la finura de los perfiles que decoran la puerta.

Puerta de iglesia

Lámina 151.

Si se estudian bien los principales monumentos levantados á principios de este siglo, se verá bien que esta época no ha producido aun un estilo arquitectónico que le sea propio; en él se encuentra un sistema de composicion característico, ó tan sólo la introduccion de principios y elementos realmente particulares.

A fuerza de estudiar los arquitectos el arte antiguo, la época del renacimiento y la Edad Media han combinado de tal modo las ideas y conocimientos adquiridos, que no han podido menos de quedar indecisos enfrente de las construcciones que deben proyectar, debiéndose hacer constar, sin embargo, que no deja de haber verdaderos artistas que, llevados por su aficion á estudiar lo antiguo é inspirándose abiertamente en aquella época, han producido obras que, no por dejar de ser completamente originales, revelan no obstante y tienen un incontestable valor artístico.

Entre éstas puede citarse la iglesia de la Trinidad, en Paris, cuyos elementos decorativos están tomados de los primeros tiempos del renacimiento francés, es decir, de la época de Francisco I.

La lámina 151 representa una de las puertas laterales colocadas cerca del pórtico de la iglesia, la cual se compone de pilastras sobrepuestas á los largueros del marco y una en el centro formando batiente. El intérvalo entre estas pilastras está ocupado por marcos y tableros combinados. Sobre las hojas de la puerta hay un durmiente que forma imposta ornamentada que sostiene un arco de medio punto ocupado por una rejilla de hierro forjado.

PUERTA DE PABELLON

Lámina 152.

Esta puerta es un buen ejemplo del efecto decorativo que puede obtenerse en carpinteria, empleando procedimientos muy sencillos y razonables.

Consta de dos hojas de 0'70^{m} de ancho cada una; lleva unos goznes colocados en un durmiente de madera de 0'54^{m}, empotrado en la fábrica, y en la parte superior está colocado un marco fijo sostenido por un travesaño moldurado de 0'09^{m} por 0'07^{m}. El batiente es plano achaflanado, cuya base penetra en un travesaño que forma escupidero. Los tableros superiores de la puerta llevan vidrios así como tambien la imposta. La parte baja de las vidrieras de la puerta descansa en un travesaño moldurado que forma escupidero tambien, y cuyas extremidad esestán cortadas á escuadra al llegar á los montantes.

Para el buen efecto de esta puerta se le puede dar un tono general de ocre amarillo; los centros de los tableros y los chaflanes pueden recibir un tono violeta y los hierros un gris oscuro.

Los travesaños superiores de esta puerta tienen la forma de arco de círculo en su parte interior con unos recortes seguidos que producen muy buen efecto.

PUERTA DE DOS CUERPOS

Lámina 153.

Esta puerta consta de dos partes: la puerta propiamente dicha, de dos hojas, y la imposta que es fija.

Cada hoja comprende varios tableros salientes, colocados en marcos moldurados comprendidos en los cuadros formados por dos montantes, dos tabios y un peinado. El larguero de mano ó batiente es de seccion semicircular acanalado.

La imposta se compone de dos partes, cada una de las cuales lleva en su centro un ojo de buey hueco, decorado con hierro forjado.

El travesaño ó durmiente de la imposta forma moldura, y entre las dos partes de la misma hay una pilastra que forma como la prolongacion del larguero batiente.

CARA INTERIOR DE UNA PUERTA

Lámina 154.

Esta lámina representa la cara interior de una puerte bastarda de dos hojas, cada una de las cuales está dividida en cuatro tableros, tres llenos y uno hueco. Los tableros llenos forman salientes moldurados, y los huecos están adornados con hierro forjado.

OTRA PUERTA BASTARDA

Lámina 155.

Esta puerta es á dos batientes ú hojas, compuesta cada una de ellas de dos tableros llenos en la base, y de una parte hueca adornada con hierro ornamentado y con vidrios para evitar el paso del aire.

La imposta está separada de la puerta por medio de un travesaño moldurado.

DOS TIPOS DE PUERTAS SEMEJANTES

Lámina 156.

La mitad de la derecha representa una puerta llena, y la de la izquierda, de igual dibujo que la anterior, se diferencia únicamente en tener huecas la parte comprendida entre el tabio superior y el segundo peinado.

En cuanto á su construccion, está muy bien espresada en la lámina, y no necesita, por lo tanto, esplicacion.

Puertas modernas

Lámina 157.

El conjunto de esta puerta se compone de dos hojas y de una imposta, estando formada de tableros llenos formando basamento y marcos huecos ocupados por vidrios y adornados con hierros.

Lámina 158.

Esta puerta es de dos hojas llenas formando recuadros, y lleva igualmente una imposta formando dibujo.

En la lámina se representa la planta, alzado y seccion vertical, viéndose en ellas los ensambles de las distintas piezas que la componen.

Puerta estilo renacimiento

Lámina 159.

Para que pueda apreciarse mejor el efecto de conjunto de esta puerta, se ha añadido la parte de fábrica de cada lado, que, como puede verse, está muy bien concebida tanto en proporciones como en la armonía que guarda con el resto de la construccion.

La parte superior es hueca y está adornada con pequeños balustres de madera de seccion cuadrada.

PUERTAS COCHERAS

Láminas 176 y 177.

Las puertas cocheras están generalmente compuestas de dos hojas que abren en todo el hueco; mas si es mucha su altura y su parte su perior forma arco de medio punto, entonces se coloca una imposta sobre la cual se establece un piso-entresuelo.

Las hojas de las puertas cocheras se componen de un marco muy resistente, en cuya parte superior se colocan dos ventanillas, fija la una y móvil la otra.

Es materialmente imposible establecer reglas seguras sobre la composicion y ornato de estas puertas, atendida la diversidad de gustos y las necesidades á que debe obedecer su instalacion; así, pues, sólo podrán darse las reglas generales relativas al grueso de las maderas que se empleen con este objeto; en cuanto á los ensambles y sus perfiles, sólo la práctica dará los medios de poder resolver satisfactoriamente esta clase de trabajos.

El grueso de los marcos de las puertas cocheras debe estar proporcionado á su altura; las de 12 piés de alto tendrán 4 pulgadas de grueso; las de 15 piés de alto, 5 pulgadas; las de 18 piés de alto, 6 pulgadas.

El ancho de los largueros de fijas debe ser igual á su grueso para cubrir la ceja, más el juego, que será de 5, 6 ó 7 pulgadas, segun las alturas.

La moldura del ángulo tendrá 1 pulgada 15 líneas, ó 1 pulgada y media de ancho.

Los largueros de mano tendrán el mismo ancho que los anteriores, más la mitad de su grueso.

Los travesaños superiores y los intermedios deben tener el mismo ancho y grueso que los montantes, más dos pulgadas á dos y media para los superiores, y las ocupaciones y molduras necesarias para todos ellos.

Los travesaños inferiores deben tener 5 pulgadas á lo menos de ancho, y á lo más 6, para no dificultar el paso por en-

cima de ellos; su grueso debe ser igual al de los montantes, á menos que se desee hacerlos sobresalir en forma de plinto.

Los montantes de la ventanilla fija y de los postigos deben tener una ranura de 15 líneas para los de 4 pulgadas de grueso; 18 líneas para los de 5 pulgadas, y 21 líneas para los de 6 pulgadas, con relacion al ancho; con relacion al grueso, debe ser el tercio del de la ventanilla.

El espacio entre la parte superior del postigo y la de la puerta se ocupa de varios modos. Si las puertas son circulares y abren de arriba abajo desde el centro del arco, se forma un fondo unido al marco, cuyas molduras correspondan á las de los postigos. Si las puertas tienen más de 12 piés de altura, estos fondos se hacen con tablas salientes, cuya cara exterior sobresalga de las molduras de los marcos. Si se trata de puertas muy grandes, debajo del centro del arco se colocan tablas salientes que se adornan con molduras, rematándolas algunas veces con cornisas ó con un simple friso. Tambien se pueden colocar cartelitas, que además de adornar sirven para sostener el vuelo de la cornisa.

En vez de tablas salientes pueden formarse cuadros refundidos, en los cuales se colocan bajos-relieves.

El saliente ó vuelo de las tablas que se ponen encima de las puertas formando tablero, debe ser el cuarto del grueso del marco de la puerta, escepto cuando están muy altas, que entonces puede ser mayor.

Estos tableros están fijos por medio de tornillos, cuyas cabezas se ocultan en el grueso de la madera.

En cuanto á los adornos, es preferible que formen cuerpo con la madera en vez de estar aplicados á ella, por cuanto, por más precauciones que se tomen al colocarlos, las influencias atmosféricas los desclavan ó desencolan.

La parte posterior de los tableros salientes está ocupada por un fondo que enrasa con las demás partes de la construccion ó por un friso que enrasa igualmente. Entre los tableros salientes y los fondos se colocan varios barrotes de igual grueso que el hueco que queda entre ellos, que al propio tiempo que les sostiene impide que se abarquillen.

Si las puertas no son de doble paramento, y por lo tanto, la parte posterior está ocupada por fondos que enrasan, se redondea su arista á fin de disimular algun tanto la junta.

Los ensambles de los bastimentos generales deben tener los dos séptimos ó un tercio del grueso de la madera, de modo que, como toda su fuerza debe aplicarse al ancho, el grueso no debe ser excesivo.

En el caso de que los ensambles no ocupen completamente las ranuras ó las cajas de los bastimentos, se cuidará muy especialmente de llenar estos espacios con cuñas ó listones, puesto que si quedase algun sitio hueco, daria lugar á ciertos movimientos muy perjudiciales: las aristas de los largueros de fijas deben redondearse para que no impidan la abertura de la puerta; en el larguero de mano se coloca comunmente un liston de seccion semicircular, cuyo ancho es igual al de la ranura del otro larguero.

La lámina 176 representa un modelo de puerta cochera, espresándose en el márgen el nombre de las distintas piezas que la constituyen.

En la lámina 177 se representan las secciones y ensambles de algunas de sus partes.

Puerta de una hoja estilo árabe

Lámina 160.

Es ciertamente muy notable que, cuanto más se perfeccionan las herramientas para cualquier clase de trabajos, mayores

son las dimensiones de las piezas que se emplean, en preferencia á las piezas pequeñas.

Debe confesarse que bajo este punto de vista los árabes no han empleado hasta hace poco tiempo los útiles y herramientas con que se trabaja en Europa, puesto que sus medios de ejecucion consistian en modelar, cepillar y ajustar trozos de madera, empleando, puede decirse, por único banco las rodillas, por cuyo motivo no les era posible trabajar en superficies muy grandes; así se ve que todos sus trabajos, si bien muy delicados, consistian en un sinnúmero de piezas de reducido tamaño, de una gran solidez, sin duda alguna, y al propio tiempo muy elegante; tanto es así, que muchas de las obras que se conservan son muy notables como á disposicion y como adorno, como lo prueba la lámina que se acompaña, que representa una puerta en el Cairo, modelo sencillísimo, puesto que no hay ninguna clase de ornamentacion en él, á que son tan aficionados los árabes, y que tan bien saben tratarla y comprenderla, basándola en los principios de geometria y variando los dibujos al infinito; pero no á capricho, sino siguiendo un método seguro y caprichoso que les es peculiar.

Láminas 161 y 162.

Estas láminas representan la cara interior y exterior de una de las hojas de una puerta de cuadra y las secciones vertical y horizontal de la misma, para que se vea la disposicion de los ensambles.

Lámina 163.

Como en esta clase de puertas lo primero que se busca es la sencillez y una solidez á toda prueba, debe cuidarse mucho su construccion, atendiendo muy particularmente á la escuadria de las maderas y á los refuerzos indispensables para que los ajustajes sean bien resistentes.

Esta puerta está formada por dos hojas de tablas contiguas ensambladas á ranura y lengüeta, y mantenidas por un marco compuesto de montantes, travesaños y tornapuntas.

Las dos hojas están sostenidas por hierros de anillo y pivote, colocados á escuadra que giran en crepudinas entregadas en la silleria del suelo.

Encima de la puerta hay una imposta dividida en cuatro partes formando ventanillas movibles, separada por una pieza moldurada.

Lámina 164.

Esta puerta es de roble y está representada vista por las caras exterior é interior, constando de dos hojas formadas por montantes y travesaños, reforzados con hierros de ornamentacion. Las tablas comprendidas entre los montantes principales están fijas en los travesaños intermedios, ó peinados por medio de pernos de tuercas, cuyas cabezas forman dibujo.

Lámina 165.

En esta puerta todos los clavos, que forman una gran parte de la ornamentacion, son de hierro fundido, en particular los de la parte superior que forma tragaluz, si bien es preferible emplear el hierro vírgen ó el bronce, con lo cual se logra mucho mejor efecto decorativo.

La estructura de esta puerta es muy sencilla, pudiendo ser á dos caras ó á una sola, en cuyo caso los tableros refundidos que quedan en la cara interior pueden cubrirse con tablas planas formando reborde.

Lámina 166.

Esta puerta consta de dos partes, fija la

una, que constituye la imposta, y móvil la otra, compuesta de dos hojas.

Como en la mayor parte de las puertas de la Edad Media, cada una de estas hojas es un compuesto de montantes, travesaños y tornapuntas, sólidamente ajustados unos con otros. Los montantes intermedios están ensamblados á caja y espiga en dos peinados ó travesaños intermedios tambien llevando unas ranuras, en las cuales se instalan los fondos ó tableros.

Este sistema de puertas, empleado frecuentemente en los siglos XIII y XIV, es muy ligero y muy sólido.

PUERTAS DE PATIO Ó DE VESTÍBULO

Láminas 167, 168, 169.

Dentro del sinnúmero de construcciones de todas clases que se han construido y construyen tanto en Barcelona como en las principales ciudades, debe fijarse mucho la atencion en las llamadas casas de alquiler, que, como sus inquilinos, se van renovando contínuamente, deben satisfacer, por lo tanto, á un sin fin de necesidades, ya con relacion al mayor ó menor número de individuos que deban ocupar las distintas habitaciones, ó á las necesidades mercantiles del inquilino; así pues, los constructores deben atender muy preferentemente á los cambios debidos al gusto y costumbres de la poblacion en donde construyan, procurando introducir ante todo el llamado *confort*, es decir, todas las comodidades compatibles con la economia y bienestar domésticos.

Habiéndolo comprendido así, debe confesarse que son varios los constructores del dia que han hecho verdaderos progresos, como lo prueban muchas construcciones recientes del ensanche de Barcelona que, tanto como á distribucion interior como á aspecto exterior, demuestran un estudio concienzudo de las necesidades domésticas y una aplicacion muy esmerada del arte.

Pero, desgraciadamente, son muchos los casos en que el constructor descuida algun tanto la parte económica, siendo éste, á no dudar, el punto principal que debe estudiarse; puesto que, en esta clase de construcciones lo que se desea es dar el mayor interés posible al capital.

No debe negarse que en muchas ocasiones se ha obtenido la economia de que se trata, pero desgraciadamente casi siempre ha sido en detrimento de la calidad de los materiales empleados, ó de la perfeccion de los trabajos, resultando por lo mismo una economia ficticia ó aparente, que se resuelve siempre en la menor duracion de las construcciones ó en las continuas reparaciones que necesitan.

En este órden de ideas, ya algunos arquitectos han hecho varias tentativas con el fin de obtener un bajo precio real, adoptando formas sencillas en relacion con los materiales empleados, y evitando toda clase de mermas y labras complicadas, aplicando este criterio á todos los componentes de la edificacion.

La puerta representada en conjunto y en detalles por las láminas 167, 168 y 169 puede presentarse como á tipo de construccion económica.

Su estructura general está inspirada en las formas de la Edad Media, tratadas muy libremente, lo cual le da cierto carácter de originalidad.

El objeto principal de esta puerta es el impedir, particularmente en invierno, el paso del aire y del frio exterior, colocándosela al pié de la escalera del edificio.

Las dos hojas de que se compone constan de tableros llenos, formando basamento y marcos con vidrios en el resto.

La imposta fija colocada en la parte superior lleva igualmente vidrios para poder dar la mayor cantidad de luz posible á la escalera.

Esta puerta es conveniente que abra en ambos sentidos, que cierre automáticamente y que no lleve ninguna clase de cierre, llevando por lo tanto dos asas representada una de ellas por la figura *a*.

El detalle de la imposta está representado por la figura *b*.

El marco es de madera de 40 milímetros de grueso; los montantes y travesaños tienen simplemente las aristas achaflanadas hasta cerca de las ensambladuras, para no debilitar la madera en estos puntos, y como ornamentacion llevan tan solo un fileteado refundido cerca de los chaflanes.

La lámina 168 representa los detalles de esta puerta, los cuales acusan una gran sencillez de ejecucion, solidez y ligereza.

Para completar esta ligera reseña véase la fig. *c*, que representa el ensamble de un montante intermedio con el travesaño colocado en la base del marco del vidrio.

En las figs. *d*, *e*, *f*, se representa el sistema de pivotes inferiores por medio de los cuales se cierra la puerta por sí misma. En *d* y *e* está su elevacion y planta, y en *f* lo están en perspectiva, suponiendo la puerta á medio abrir.

El precio aproximado á que puede resultar esta puerta, hecha con madera de encina sin contar el hierro, es de unas 200 pesetas, que vienen á ser unas 34 pesetas por metro superficial.

Lámina 170.

Por su extraordinaria sencillez, esta puerta puede tener varias aplicaciones, siendo susceptible de poderla ornamentar más ó menos, segun el gusto del constructor, dándole al propio tiempo las dimensiones que convengan, segun el uso que se haga de ella.

La profusion de detalles que se dan, dispensan el describirla.

Lámina 171.

Esta puerta está dividida, como muchas otras de las que se ha tratado, en dos partes, fija la una, que constituye la imposta, y la puerta propiamente dicha, formada por dos hojas con basamento lleno.

Cada hoja es un marco con dos montantes principales, un montante intermedio que ocupa el basamento, dos tabios y un peinado.

La parte refundida de los tableros lleva una moldura únicamente en la parte superior é inferior, es decir, que no forma marco.

Con el fin de destruir la desabridez del peinado, se ha colocado debajo de los vidrios inferiores una moldura cortada comprendida en la parte interior de los montantes.

Los demás detalles que se acompañan esplican sobradamente el sistema de construccion de esta puerta.

Lámina 172.

Todo cuanto se ha dicho al tratar de la puerta representada en la figura 167 se aplica exactamente á la presente, si bien la estructura general es distinta, puesto que en ésta, además de los vidrios, se ha colocado una rejilla de hierro para destruir en parte el efecto rectilíneo que acusa toda la construccion y dar un poco de movimiento á la vista.

En este modelo se han colocado dos ventanas, una á cada lado de puerta, con el objeto de dar mayor cantidad de luz al interior, si así es conveniente.

Lámina 68.

Cada una de las dos hojas de esta puer-

ta está compuesta de una parte llena ó basamento, y de una parte hueca que recibe los vidrios.

La parte llena consta de dos tableros formando dibujo, y la parte destinada á los vidrios está dividida por una columnita esculturada en forma de balustre que forma juego con otras dos medias columnitas iguales á ella colocadas en la parte interior de los montantes. Los capiteles de estas columnitas sostienen arcos de medio punto que limitan la parte hueca de la puerta. Su parte superior está ocupada por una imposta con montantes torneados formando cuentas de rosario.

Làmina 173.

Esta puerta tiene una sola hoja, y, como las anteriores, consta de un basamento lleno y el resto con vidrios. Está dividida en tres partes iguales por medio de dos montantes intermedios, cuyas aristas están achaflanadas hasta cerca de los ensambles con los travesaños, que á su vez lo están tambien formando un todo simétrico, juntamente con los listones de division de la parte hueca.

El travesaño que forma peinado está incrustado á ranura y lengüeta con las demás piezas.

Lámina 174

Esta puerta se compone de una parte móvil, de dos partes fijas y de una imposta, fija igualmente.

La parte móvil comprende dos hojas, formadas cada una de ellas por una parte llena ó basamento y de una parte hueca.

Las partes fijas y las móviles están separadas por montantes fijos.

El resto de la construccion se interpreta perfectamente por medio de la seccion vertical y la planta que se acompaña.

Láminas 46, 47 y 48.

Destinada esta puerta por su estructura especial, esto es, por tener que dar luz al interior, á emplazarse en un patio ó vestíbulo, podria muy bien servir como puerta de entrada en fachada de edificio con sólo llenar la parte hueca de los batientes, ofreciendo entonces un modelo sencillo y elegante, susceptible de recargarlo más ó menos, segun la riqueza que quiera dársele.

Los detalles que se representan esplican suficientemente la estructura de esta obra, y permiten prescindir el esplicar los detalles de su construccion.

Lámina 175.

Esta puerta guarda mucha semejanza con la representada en la lámina 171, variando únicamente en el modo cómo está colocada la moldura en el travesaño de la imposta.

Láminas 9 y 10.

Esta puerta es de una sola hoja, compuesta de un basamento lleno, formado por montantes y tableros prolongados prismáticos, y de una parte dividida por dos montantes y un travesaño formando seis huecos iguales de tres en tres, ocupados por vidrios.

Los hierros son vistos, formando dibujos.

Los montantes y los travesaños tienen las aristas achaflanadas.

PUERTAS INTERIORES

Lámina 178.

Esta puerta de comunicacion es de dos hojas, como lo son generalmente todas las que se construyen con este objeto, y como la mayor parte de ellas consta de marcos ó bastimentos y fondos ó tableros ensamblados entre sí.

La estructura general no ofrece ninguna particularidad, pero sí una extremada sencillez. Segun la altura que se le dé pueden ponerse uno ó dos peinados, cuya colocacion se relacione con las molduras que haya en las paredes de la habitacion.

Lámina 54.

El decorado de esta puerta de una sola hoja, que forma su parte más importante, es una combinacion de hierro labrado, tanto para el tragaluz de la parte superior coma para las cabezas de los clavos y medallon del tablero central. En cuanto á la construccion en general, es por demás sencilla á la par que sólida.

Lámina 179.

Este tipo sólo es notable por la bien comprendida combinacion de las maderas, cuyos montantes, tabios y peinados son de caoba y los fondos de los tableros de nogal; dando, pues, una diferencia muy agradable de tonos y de dibujo, puesto que la caoba se presenta completamente unida, y el nogal, debido á los nudos que tiene, ofrece una diversidad de dibujos que contrastan con aquélla.

En cuanto al tipo de construccion, se presenta muy pesado, á causa de la falta de proporcion de sus componentes y al exceso de grueso de sus escuadrias.

Lámina 180.

Esta puerta es á dos hojas, cuyos paramentos están compuestos de un bastimento formado por dos montantes, dos tabios y tres peinados, repartidos de modo que los tableros extremos sean cuadrados.

Los detalles que acompañan el alzado, explican suficientemente la construccion de esta puerta.

Lámina 32.

Por su estructura esta puerta forma parte del decorado de un salon, ofreciendo interés tan sólo la parte de carpinteria propiamente dicha, correspondiente á la disposicion de los tableros y del dintel.

Esta puerta puede producir muy buen efecto pintando la parte de adorno imitacion de oro y marfil sobre fondo encina vieja, ó tambien fondo blanco con adornos, oro y tierra clara.

PUERTA-BARRERA Ó DE JARDIN

Lámina 181.

Tanto las puertas de hierro como las de madera formando verja se emplean indistintamente para cerrar espacios al aire libre, y muchas son las casas tambien en donde se colocan esta clase de puertas en las fachadas, siempre que la de entrada se halle en el interior; pero en este caso generalmente se utilizan las rejas de hierro.

La eleccion de modelo para esta clase de puertas depende muy particularmente de la clase de materiales de que se disponga y del mayor ó menor lujo que se quiera dar.

Durante el siglo XVIII, por ejemplo, en donde á tan alto grado se encontraba el arte de la cerrajeria, era muy comun encontrar, hasta en las casas rurales más sencillas, cercas y puertas de hierro forjado, consideradas hoy dia como verdaderos objetos de arte, y cuya imitacion en madera, prescindiendo de la mayor escuadria que deberia darse, podria dar modelos bastante típicos y de una solidez irreprochable.

La puerta representada por la lámina 181, si bien no posee ninguna cualidad especial que pueda hacerla recomendable á primera vista, sin embargo, no deja de ofrecer una sencillez de ejecucion que debe tenerse en cuenta en esta clase de trabajos, á los cuales, en general, se les exige una gran economia; con tal motivo, debe evitarse un exceso de ornamentacion; y como en esta clase de obras las formas curvas sobre ser más costosas de trabajar, no ofrecen la solidez que es necesaria, las formas rectas que se empleen deben ser bien entendidas, bien colocadas y haciendo de modo que armonicen unas con otras, den un conjunto agradable y sólido á la vez.

Para que una ornamentacion cualquiera tenga un valor real, es indispensable ante todo que esté bien colocada.

Una puerta interior, que no debe estar expuesta á las variaciones de temperatura ni á los choques de los vehículos, ni mala intencion de los transeuntes, admite una ornamentacion muy distinta de la de una puerta de jardin, en la cual ni tan siquiera son suficientes las dos ó tres capas de pintura que se la den para preservarla de las influencias atmosféricas; por lo tanto, lo primero que debe buscarse es la sobriedad excesiva en el detalle, que se convierte entonces en una garantia de la solidez de la ejecucion, debiendo advertir al propio tiempo que, como no todas las maderas resisten igualmente, la más apropiada en estos casos será la madera de encina de primera calidad.

Los ensambles deben ejecutarse con mucho cuidado, y los hierros que se pongan deben estar colocados de modo que el movimiento de abrir y cerrar las hojas se haga con libertad y exactitud.

Lámina 182.

Esta puerta pertenece al estilo ruso, que es una de las naciones que más se distingue por su originalidad en los trabajos de carpinteria.

Sus casas de campo y sus caballerizas son muy originales, muy bien concebidas y muy sólidas, con relacion á la materia empleada; el conjunto y los detalles muy armónicos, y el todo muy resistente y duradero.

La puerta representada en la adjunta lámina, no necesita esplicaciones, puesto que su misma sencillez la explica sobradamente.

Lámina 183.

Esta clase de construcciones pueden hacerse, ó hincando las maderas principales en el terreno ó formando un basamento de fábrica de un metro de altura, para impedir el deterioro de la madera por su contacto con la humedad del terreno, sobre del cual se coloca ó construye un enverjado de uno ó dos metros de alto, mantenido de distancia en distancia por pié-derechos suficientemente resistentes, y cuyas escuadrias estén en relacion con la distancia que guardan entre sí.

En cuanto al enverjado en sí, su ejecucion es por demás sencilla, fácil y de empleo muy frecuente. Como á composicion puede ser muy variada.

Lámina 184.

Esta lámina representa una puerta que tanto puede aplicarse á una cuadra como á un jardin, y en la cual el decorado casi es nulo, puesto que todo el efecto consiste en la disposicion y combinacion de las maderas.

El conjunto presenta cierto aspecto de riqueza y solidez que no es muy general encontrar en objetos de un uso tan ordinario.

Lámina 185.

Esta puerta está colocada en un enverjado vertical en cuyos dos tercios inferiores los barrotes son dobles, y se compone primeramente de dos pié-derechos muy sólidos hincados en el terreno y unidos por su parte superior por una combinacion de piezas de que se tratará luego, y sobre los cuales giran las dos hojas de que consta.

Cada uno de estos pié-derechos está reforzado en su base interior por un tornapunta que contrarresta los choques violentos que puedan recibir de frente, los cuales están unidos á unos durmientes comunes á dichas piezas. Además, y con el fin de conservar la verticalidad de dichos pié-derechos, hay unos tornapuntas de hierro que sirven al propio tiempo de guarda-ruedas, los cuales se introducen tambien en un durmiente que, cruzándose con los dos anteriores, conserva la invariabilidad de distancia de los piederechos entre sí. Si no se quieren emplear durmientes de madera, se empotrarán todas estas piezas en una obra de fábrica que constituirá cimentacion.

Las piezas principales que unen la parte superior de los pié-derechos son dos, colocadas algun tanto inclinadas que ensamblan en una especie de pendolon, de modo que vienen á constituir un cuchillo de armadura sin tirante, cuya pieza se sustituye por medio de un sistema de cartelas contorneadas que dan una gran solidez al conjunto.

Las hojas de la puerta constan cada una de dos montantes de 0'11^m por 0'08^m, cuyas extremidades forman dibujo, unidos por tres travesaños de igual escuadria, que dividen la altura total en dos partes desiguales.

La parte inferior ó base lleva una cruz de san Andrés, cuyos espacios comprendidos entre sus brazos están ocupados por un enverjado clavado en las piezas principales.

En la parte superior se han colocado balustres torneados, cuyas cabezas sobresalen del travesaño superior.

Abierta la puerta, sus hojas se aplican á los tornapuntas de madera interiores.

Lámina 186.

Cada hoja de esta puerta se compone de un bastimento formado por dos montantes de seccion cuadrada, unidos por dos travesaños horizontales que forman el zócalo, y un travesaño curvo colocado en la parte superior, reforzado todo por un tornapuntas que va de la parte inferior del larguero de fijas á la parte superior del larguero de mano.

Los huecos están ocupados por tablas estrechas, formando dibujo y rematando en punta de lanza.

Los travesaños horizontales están cubiertos por molduras.

Lámina 187.

Este es un modelo muy elegante de puerta de jardin, constando, como casi todas las de esta clase, de dos hojas, formadas por largueros y travesaños rectos y curvos.

El dibujo de la base está formado por la combinacion de cruces de san Andrés

y tornapuntas, y el de la parte superior por una pieza principal en arco de medio punto, ensamblada con el travesaño curvo que forma el borde superior.

Los huecos están ocupados todos por maderas caladas.

Las hojas de esta puerta giran sobre dos montantes muy resistentes de seccion cuadrada cuyas aristas están achaflanadas.

Lámina 188.

Esta puerta viene á ser una variante de la representada en la lámina 186, cambiando tan sólo en los detalles de ornamentacion, y en que las pilastras de obra de fábrica sostienen un tarjeton de carpinteria para poder colocar en él el nombre de la granja, fábrica ó establecimiento á que se destina.

Se distingue tambien de aquella en que las hojas de puerta no giran directamente sobre las pilastras, sino sobre unos montantes de madera empotrados en la fábrica.

Lámina 189.

Las hojas de esta puerta giran sobre gozñes entregados en las pilastras de fábricas, estando formadas por un bastimento de dos montantes principales y otro intermedio, y por cuatro travesaños de los cuales el superior está inclinado hácia el larguero de fijas.

Los huecos están ocupados por tablas al tope, ensambladas á ranura y lengüeta.

Sobre los capiteles de las pilastras descansan unos pie-derechos que sostienen un entramado que forma el coronamiento de la puerta.

Lámina 190.

La estructura de esta puerta, si así se la puede llamar, pertenece al estilo sueco, cuyo trabajo de carpinteria es muy original, y está compuesto de dos montantes, de un travesaño superior y de un fronton triangular que forma el coronamiento.

Cada montante está formado por tres pie-derechos, unidos entre sí por travesaños colocados á alturas distintas.

El travesaño superior ó dintel consiste en una especie de friso dividido en compartimentos por medio de cruces de san Andrés.

Los huecos están ocupados por maderas caladas representando hojas de árbol, así como tambien los bordes del fronton, el cual remata en tres hojas labradas del mismo modo.

El centro del fronton lo forman tablas unidas al tope, cuyas aristas están achaflanadas.

Lámina 191.

Esta puerta es llena, constituyendo uno de los tipos más sencillos que puedan ejecutarse.

Está formada, como la mayor parte de las obras de esta clase, por tablas verticales unidas entre sí á ranura y lengüeta, que ocupan los huecos formados por los largueros y travesaños reforzados por tornapuntas.

Atendidas las dimensiones que acostumbran á tener estas puertas, se les añade un postigo que se coloca en una de sus hojas, junto al larguero de mano.

Lámina 192.

Esta puerta, de una sencillez extraordinaria de ejecucion, está dividida en cuatro partes, formando dos hojas de librillo, tanto para poder dar mayor ó menor abertura de paso, como para no tener que dar todo el desarrollo al abrirla.

Lámina 193.

Este modelo es susceptible de modificarse en el sentido de formar las hojas de

puerta de arriba abajo, repitiendo el mismo motivo existente ó formando un enverjado encima de él, con lo cual seria quizás más típica; en cuyo caso el dibujo de su parte alta deberia armonizarse con las cartelas ó tornapuntas que refuerzan el dintel.

En vez del enrejado interior de los montantes y del dintel, podrian ponerse tambien unos tableros, que le darian un aspecto más severo, conservando siempre la estructura general que, por su modo de ser, ofrece un conjunto muy sólido.

PUERTAS CORREDERAS

Lámina 194.

Esta clase de puertas se utilizan particularmente en las estaciones de ferro-carriles, en los almacenes y para el cierre de los tinglados destinados á almacenaje de géneros.

La puerta representada por esta lámina consta de un bastimento compuesto de los largueros extremos, de un larguero intermedio, de dos travesaños extremos y de un travesaño intermedio, reforzado todo por escuadras y tes de hierro, por tornapuntas de madera, y ocupados los huecos por tablas puestas al tope, ensambladas á ranura y lengüeta.

Debajo de la imposta se halla una barra de hierro puesta de canto ó á sardinel, por la cual corren dos poleítas, cuyos ejes giran sobre dos soportes colocados en la parte superior de los largueros extremos de la puerta, de modo que ésta queda suspendida.

La parte inferior se introduce en unas guias de hierro que le impiden el movimiento oscilatorio.

Láminas 195, 196 y 197.

La lámina 195 representa el alzado de una hoja de puerta corredera más sencilla que el modelo anterior, la cual está formada por un bastimento compuesto de dos montantes y de tres travesaños, ensamblados á ángulo recto formando los marcos de dos tableros de tablas ensambladas á ranura y lengüeta, y reforzado todo por medio de tornapuntas y hierros.

Las maderas del bastimento tienen las aristas interiores achaflanadas.

La lámina 196 representa una parte de la cara exterior de esta puerta, en la cual se ven el asa de impulsion y la que recibe el pestillo de cierre. Las secciones I T y G H indican el sistema de cierre, las asas de cada hoja de puerta, el tapabocas postizo fijo en el bastimento por medio de tornillos y la proyeccion del pestillo y del cerrojo.

En la lámina 197 se encuentran los detalles que indican el funcionamiento del sistema.

Como á guia para calcular una puerta de esta clase, téngase en cuenta que una hoja que pese 350 kilógramos, comprendido el hierro, da lugar á un esfuerzo de 175 kilógramos, que se descompone en la parte superior en un esfuerzo horizontal de 55 kilógramos.

CAPÍTULO LVIII

VERJAS O BARRERAS

Lámina 198.

Esta clase de verjas se emplea en Francia para el interior de algunas iglesias, pudiéndolas aplicar igualmente para otros usos, segun los casos.

Toda iglesia se divide en dos partes bien distintas: el santuario ó presbiterio y la nave.

El santuario está consagrado esclusivamente al servicio del culto. La nave, por el contrario, es la parte del templo reservada al público.

El objeto á que se destina toda iglesia, en donde debe forzosamente reinar la calma y el recogimiento, exige que se establezca el órden de modo que cada cual pueda entrar, salir y cambiar de sitio, sin que para ello pueda perjudicar á nadie, para lo cual debe dividirse el espacio público en tres partes, la central y las laterales, en las cuales se establecen pasillos transversales que afluyen á la primera.

En las grandes iglesias francesas, en el interior de la nave se colocan sillas muy ligeras, fáciles de transportar, las cuales permanecen en la parte central; y para evitar su transporte á las otras partes de la iglesia, se rodea aquélla de una verja ó barrera sencilla y móvil, fácil de quitar y suficientemente sólida para que resista los empujes del público que se encuentra exteriormente á ella.

Segun el espacio que cierran estas barreras, constan de un solo tramo ó de varios, practicando en ellas el número de puertas necesarias para la libre entrada ó salida del público en el reservado que forman.

La construccion de esta clase de cierres es muy fácil y sencilla; consistiendo su elegancia en la armonia de sus partes, tanto entre sí como con la arquitectura general del templo.

Sin embargo, como este cierre móvil debe soportar una gran fatiga, tanto por los empujes del público, como por el choque de las sillas con ella, es necesario que

el conjunto de la obra sea muy bien entendido y muy sólido.

Estas barreras no deben cargarse nunca con esculturas por ser propensas á deterioro, ni deben dejarse las aristas vivas, ni ponerles adornos frágiles, puesto que tienen razon de ser. La forma general debe ser sencilla y uniforme, puesto que se trata de un objeto puramente secundario y no principal.

De todos modos, téngase siempre presente que, en el arte en general, el trabajo mas sencillo es casi siempre el más bello.

La barrera representada en la lám. 198, obedece á todo cuanto se ha dicho anteriormente. Todas las aristas están achaflanadas; los barrotes torneados; no hay ninguna pieza saliente á arista viva, ni ninguna clase de detalle inútil. Su disposicion general está proporcionada á la altura, y por su modo de ser resulta muy económica, puesto que se emplean maderas de poca longitud.

Esta clase de barreras pueden hacerse tambien á colisa, que tienen la ventaja de poderlas transportar á los sitios convenientes, bien sea para interceptar provisionalmente un paso, cerrar un espacio, etc., para lo cual se la alarga ó acorta segun convenga.

En este caso se construye una parte fija sostenida por pié-derechos, los cuales están taladrados entre los varios largueros que llevan, y por estos taladros es por donde resbalan horizontalmente otros tantos largueros unidos entre sí por un montante colocado en su extremidad exterior.

Este sistema es de más fácil transporte y ocupa menos espacio.

Lámina 56.

Por su estructura especial, esta rejilla ó barrera puede aplicarse con mucha utilidad para cerrar un pasaje ya particular ó ya público, resultando en algunos casos mas económica que si se emplease una de hierro.

Su construccion no ofrece ninguna dificultad por no haber ninguna pieza complicada; y en cuanto á la ornamentacion, consiste únicamente en madera calada.

Lámina 199.

Esta obra se compone de partes fijas y partes móviles. La rejilla giratoria del alzado B C permite el paso de los vehículos, y consta de dos hojas formadas, cada una de ellas de dos montantes unidos entre sí por medio de travesaños horizontales y por piezas formando cruces de san Andrés, cuyos espacios están ocupados por balustres.

En la parte fija de este cierre ó sea el alzado A B, hay una rejilla central giratoria para el paso de las personas. En esta parte los balustres cogen toda la altura entre travesaños.

En la planta está representado el conjunto de esta barrera ó verja.

Láminas 5 y 6.

Las barreras para pasos á nivel se componen de una verja sostenida por un extremo por un montante resistente que gira sobre un pie-derecho, y de un tirante de hierro que une la parte superior de este montante con la parte inferior del otro montante colocado en la otra extremidad de dicha verja.

El entramado está formado por dos largueros, dos travesaños, tres tornapuntas y una série de barrotes que son los que forman el enrejado.

Al lado de esta verja se encuentra un pasillo para los peatones, construido del mismo modo que la verja, con la sola diferencia que la escuadria de las maderas del marco es menor. Además, esta especie de postigo se coloca de modo

que cierre por sí mismo, para lo cual se da alguna desviacion al gozne superior.

Por los detalles representados en la lámina 6 se puede apreciar con exactitud la construccion y escuadria de las piezas que forman esta barrera.

El detalle A representa una de las escuadrias dobles que retienen á los travesaños y que permiten el movimiento de la barrera.

El detalle B indica el ensamble á caja y espiga de uno de los tornapuntas con el travesaño superior, cuyo ensamble es idéntico para la otra extremidad con el travesaño inferior, como se ve en el detalle G.

En C se ve una de las escuadras que une los montantes con los travesaños, y el sistema adoptado para la extremidad inferior del tirante de hierro.

En D se encuentra la brida que une las dos extremidades del tirante, cuyas roscas están en sentido contrario.

Los detalles E, F, representan, el uno el vértice, y el otro la base de los tornapuntas que unen el pié del pie-derecho fijo y la zapata ó durmiente inferior.

En fin, el detalle H da una de las escuadras y el gozne que sirven para el postigo.

BALCONES

Lámina 45.

Por balcon se entiende un cuerpo saliente en la fachada de un edificio, sostenido por cartelas, por columnas ó esculturas, y cerrado por medio de una barandilla.

Los balcones pueden ser simples ó corridos, segun sirvan para una sola abertura de fachada ó cojan toda la extension de ella, y pueden ser tambien muy anchos, llevando columnas, en cuyo caso reciben el nombre de miradores ó tribunas, y entonces están cubiertos y cerrados con cristales.

Relativamente á esta lámina, poco en verdad puede decirse que no sea ya conocido del constructor que la consulte, por ser un trabajo por demás sencillo, tanto como á dibujo de detalles como á conjunto.

La arquitectura de este balcon es rusa con reminiscencias suecas, empleándose la madera torneada para los montantes, los calados para la barandilla y las aplicaciones labradas sobre tablas para el piso y pasamano.

Para sostenimiento de este balcon se utilizarán las vigas de techo que convengan, haciendo de modo que salgan más allá de la fachada de la cantidad necesaria, uniendo despues sus cabezas por medio de un larguero general, y rellenando los huecos con dos filas de tablones cruzados para formar el piso.

Lámina 66.

Este balcon está construido con maderas de poca escuadria; su parte inferior descansa en obra de fábrica y en unas columnitas de madera torneada que, por medio de cartelas apoyadas en ellas, sostienen un voladizo diáfano colocado al nivel del solado del balcon.

Las columnas son de seccion cuadrada en la parte correspondiente al zócalo y encima del capitel; en el zócalo, para dar mayor grueso de madera y poder recibir el plinto y pasamano de la barandilla, y encima del capitel para poder recibir las cartelas.

Lámina 26.

Este balcon se compone de montantes, travesaños y cruces de san Andrés, de ma-

dera de seccion cuadrada de 0'075^{m} de lado, cuyas aristas están achaflanadas.

Está apoyado por medio de cartelas pareadas, huecas, formando un dibujo sencillísimo.

La barandilla de este balcon admite un sinnúmero de combinaciones ya cruzando las piezas á ángulo recto, ó en direcciones inclinadas, ó combinando el cuadrado con el rombo, y tambien imitando curvas y polígonos.

Láminas 44 y 45.

Los balcones de madera generalmente se aplican á edificios igualmente de madera por la armonia general que ofrece la construccion; sin embargo, siempre que se deseen ciertos efectos decorativos, pueden mezclarse materiales distintos, en cuyo caso debe tenerse mucho cuidado en el modo y forma cómo se colocan para que no resulte un conjunto demasiado heterogéneo.

En la construccion de que se trata, las paredes del edificio son de ladrillo, y si bien lo lógico seria hacer la barandilla del balcon de hierro, sin embargo, puede hacerse de madera, siempre que no pueda adquirirse aquel material con ventaja, puesto que ya se sabe que ni como á dibujo ni como á solidez pueden obtenerse con la madera la elegancia y diversidad de dibujos que con el hierro, ni ofrecen tampoco la resistencia ni duracion que con este material.

El balcon de que se trata no ofrece ninguna dificultad, y tal como está concebido, debe estar sólidamente trabado al muro sin contar para nada con la fuerza que puedan prestarle los tornapuntas formanda cartela, por ser piezas más bien de adorno que de apoyo atendida su poca escuadria.

Lámina 200.

Esta lámina representa un balcon en el cual los montantes de la barandilla se prolongan por la parte superior, y sostienen una cubierta de tejas de escama á dos colores combinados.

Dichos montantes dividen la luz del balcon en tres espacios, de los cuales el del centro es cuadrado, y en ellos se colocan jarrones ó macetas con plantas.

La barandilla la forman balustres torneados colocados en su centro y limitados por travesaños corridos.

Como todos los de esta clase, este balcon está sostenido por unas cartelitas pareadas de igual dibujo que la barandilla.

Lámina 201.

Esta lámina representa un balcon-tribuna para dar acceso al primer piso por la parte exterior de un edificio, de modo que forma un cuerpo saliente sostenido por cartelas.

Su forma no es rectangular, sino de ángulos achaflanados, como se comprende muy bien por las sombras propias y arrojadas que se representan en la lámina.

Su construccion es sencillísima, y todo el cuidado estriba en que los calados de los tableros ó rellenos no se deterioren.

VENTANAS

Ventana y postigos acanalados

Lámina 202.

Al construir una ventana ó balcon, el carpintero debe atender preferentemente á la parte exterior, es decir, á la que está contínuamente en contacto con el aire, el sol y la lluvia, y á que la union de los largueros de mano y el escupidero cumplan bien con la mision que les está

encomendada, estudiando, además, muy detenidamente la forma que deba darse á la pieza de apoyo ó travesaño inferior del marco de la ventana.

A pesar de que la ventana que representa esta lámina no ofrece una solucion completa referente á lo que se acaba de decir, sin embargo, da ciertos resultados reales y sienta un principio susceptible de desarrollarse é interpretarse de modos distintos.

Es evidente que las maderas colocadas al exterior reciben incesantemente las acciones del sol, la humedad y la lluvia, cuyos agentes concurren rápidamente á destruirlas; y si bien se logra prolongar su duracion por medio de la pintura y los barnices, pero no se evita con ello la infiltracion de la humedad exterior, que es á lo que debe el constructor atender, procurando con su estudio establecer un aislamiento perfecto.

Como ya se sabe, toda ventana se compone de un bastimento fijo empotrado en la obra, y de otro bastimento móvil, colocado dentro del primero. Si la ventana tiene dos hojas, habrá naturalmente una junta en el centro, una en cada lado, otra en la parte superior y otra en la inferior, siendo las más importantes la del centro y la de la parte inferior, entre el escupidero y el apoyo.

Generalmente la parte exterior de las ventanas es lisa, de modo que al caer la lluvia sobre estas superficies, se extiende y acaba por cubrirlas completamente, penetrando por las juntas, por bien construidas que estén, y ocasionando por lo mismo inconvenientes que deben evitarse, para lo cual seria muy útil practicar un acanalado general en toda la superficie de la ventana, de modo que encontrando el agua estas ranuras, resbalaria rápidamente por ellas hácia la parte inferior, y al encontrar el escupidero la expeleria sobre el apoyo.

Por este medio se atenuaria en parte el efecto del agua, la cual encontrando superficies curvas resbalaria con mayor rapidez, aparte de que con ello se logra al propio tiempo producir mejor efecto decorativo, muy fácil de ejecutar.

Ventana Luis XV

Lámina 203.

Lo único notable de esta ventana consiste en el decorado exterior que la adorna, el cual se desarrolla sobre los tabios curvos superiores, corriéndose luego sobre los largueros hasta la mitad de su altura.

Ventana para edificio público

Lámina 204.

Esta ventana se separa del tipo corriente á causa de sus dimensiones, por cuyo motivo se la emplea para edificios públicos ó fábricas, en donde se necesita mucha luz; si bien, en este último caso deberian añadirse algunos listones para que, permitiendo el empleo de vidrios menores, resultase la construccion más económica y no tan expuesta á daño.

Por medio de las varias secciones que se acompañan, se puede apreciar la buena construccion de este modelo, que cumple muy bien con las condiciones que se exigen, puesto que los cierres están muy bien estudiados y permiten un aislamiento completo.

Ventanas con persianas y cierres mecánicos

Lámina 205.

No basta saber trabajar bien la madera para que el trabajo sea completo; es necesario además que los hierros que forman el complemento estén concebidos y

apropiados á la importancia y á la mision que deban desempeñar las obras.

Los trabajos de carpinteria que deban esperimentar mucha fatiga, exigen muy particularmente las mayores precauciones; así pues, los muebles de uso diario, las puertas y principalmente las ventanas, que están continuamente expuestas á las variaciones de temperatuta, requieren accesorios sólidos y bien combinados.

Partiendo de esta base, M. Cairoli ha construido un sistema de cierre muy ingenioso y que da muy buenos resultados.

Cada aparato lleva un pequeño gozne acodado fijo en el eje de una rueda dentada, el cual se encuentra en el mismo eje que el de los demás goznes que sirven al librillo-persiana. El tornillo sin fin recibe un árbol que penetra en una cavidad en la cual está terminado por un manubrio. Este aparato puede colocarse inclinado de modo que el manubrio pueda encontrarse en el punto que más convenga para su fácil manejo.

Para no tener que practicar entalladuras, los hierros que se pongan en las persianas ó postigos deben ser acodados.

Este aparato está organizado para las persianas de dos hojas con desarrollo exterior. Para las de librillo ó dobles, el aparato se compone de un tornillo, á derecha é izquierda, de filete cuadrado, colocados horizontalmente debajo de la pieza de apoyo, y á veces tambien en el peinado. Este tornillo lleva dos tuercas de visagra, una á cada lado, cuyas visagras están fijas en las dos primeras hojas, las cuales tienen dos centímetros más de ancho que las otras, y á las que atraen ó repelen segun gire el tornillo hácia la derecha ó la izquierda. El tornillo gira en dos crepudinas fijas en los montantes del marco fijo, funcionando por medio de una trasmision que penetra en la cavidad, en donde terminan por un manubrio. Debajo del travesaño superior del marco fijo se establece un batiente especial en el cual quedan fijas las hojas.

Para las persianas de seis y ocho hojas el sistema es el mismo, pudiéndosele adaptar á cualquier clase de construccion.

Tambien, modificando ligeramente el sistema, seria fácil mover los postigos haciéndoles resbalar sobre colisas é introduciéndoles en el interior del muro.

Relativamente á la conservacion de los trabajos de carpinteria, este cierre no fatiga de ningun modo á las maderas é impide que se abarquillen.

Lámina 206.

Sin ofrecer esta ventana nada particularmente notable, merece que se fije la atencion en ella por la gran armonia que guardan sus dimensiones y por el modo como está concebido el escupidero.

Láminas 207 y 208.

Estas láminas representan detalles muy interesantes relativos á los cierres herméticos de las ventanas, fáciles de apreciar por su simple consulta.

POSTIGOS

Lámina 209.

La cuestion de los postigos interiores es, sin duda, uno de los problemas más interesantes en carpinteria, tanto por referirse á un punto de gran utilidad, como por prestarse su solucion á motivos muy variados y decorativos.

En general, en los edificios destinados á inquilinos, los huecos de las ventanas acostumbran á tener 1'10^{m} ó 1'20^{m} de ancho por 2 ó 2'50^{m} de alto, lo cual da para cada hoja un ancho de 0'55^{m} á 0'60^{m}. Si se hace la hoja de dos partes ó de librillo, dará de 0'275^{m} á 0'30^{m} para cada una, lo cual no resulta muy considerable y permite to-

mar en el espesor del muro el espacio necesario para aplicar en él los postigos doblados, estableciéndose en este caso una colisa en la parte baja y un hierro de T en la parte alta. De este modo la primera hoja del postigo podria moverse con la mayor facilidad, y una vez en el punto de paro, se desarrollaria la segunda hoja por los medios ordinarios.

Este sistema de cierre es muy fácil de ejecutar, y tiene la ventaja de permitir hacer postigos muy ligeros.

CAPÍTULO LIX

FACHADAS DE TIENDA, INTERIORES, MOSTRADORES, ESTANTERIAS, ETC.

Lámina 210.

De algunos años á esta parte ha tomado la industria en general tal desarrollo, que, particularmente para el comercio al detall, resultan una diversidad asombrosa de distribuciones, una organizacion y un lujo en relacion muy directa con el modo de ser y las ideas actuales.

Una de las cosas que debe procurar el que vende es impresionar al comprador, lo cual da motivo á estas combinaciones tan artísticamente tratadas que se ven en los aparadores de las tiendas; á los armarios y estanterias tan bien trabajadas y á las fachadas de las tiendas tan suntuosas, para que formen un todo armónico con los ricos objetos expuestos en ellas. Así pues, en principio puede decirse que, el almacen ó tienda debe ser con relacion á los objetos que contiene, lo que el estuche para la alhaja, lo que la encuadernacion al libro.

Es natural que el comerciante con tienda abierta debe variar la organizacion y disposicion de sus armarios, aparadores y escritorio, segun el artículo que trata y las necesidades, no tan sólo de cada dia, sí que tambien de cada hora; puesto que al uno le basta un simple mostrador y estanterias, mientras que el otro necesita cajones de todos tamaños, gradas, armarios con puertas de colisa y otras formas, para el fácil manejo y almacenaje de sus géneros.

Si bien es cierto que para los arreglos interiores no seria muy difícil la clasificacion por industrias apropiados á cada una de ellas, y dentro de cada una las ramificaciones á que se prestan, se obtendrian ciertamente tantas variantes como locales se traten, puesto que la distribucion interior de cualquier tienda debe depender muy particularmente del espacio de que sea dable disponer. Luego puede afirmarse que no hay ninguna organizacion que pueda completarse por sí misma, y que pueda, por lo tanto, servir de tipo único ó modelo infalible, depen-

diendo ello únicamente del estudio comparativo, que es el único que puede proporcionar datos seguros sobre el particular.

La organizacion general de un comercio comprende dos partes bien distintas tanto interior como exteriormente: la parte destinada al público y la destinada al negocio.

La primera de estas partes comprende exteriormente la fachada y el aparador, cuyo aspecto general debe ser de tal modo, que el comprador pueda abarcar con una sola mirada la diversidad de objetos expuestos en el; por lo tanto, para que la fachada llene el objeto propuesto, debe ofrecer una superficie fácil, para poder colocar con facilidad y artísticamente en ella los varios productos que se expongan, puesto que muchas veces de esta disposicion depende el mayor ó menor negocio.

FACHADAS

Como ya se ha dicho, la primera parte de la instalacion de una tienda es la fachada, la cual puede compararse á un marco, que, segun la clase de artículo que se trate, bien sean ropas, joyas, quincalla, etc., debe contribuir, como primera condicion, á formar un todo armónico con los principales objetos que deba contener; por lo tanto, lo que más conviene al negociante es disponer de una gran superficie de vista, libre de todo obstáculo, para que todos los objetos sean igualmente visibles. Gracias á los grandes adelantos hechos en la fabricacion de cristales, es muy fácil cumplir debidamente con esta condicion y cubrir una superficie considerable con este material; pero para ello es preciso atender muy preferentemente á los medios de sujecion necesarios para que este elemento se encuentre sólidamente colocado, y su bastimento ocupe el menor espacio posible para obtener la mayor cantidad de luz, y no ofrezca una construccion pesada que desvirtuaria en parte el buen efecto del conjunto.

Una fachada de tienda no es más que un gran cuadro vertical, compuesto de un bastimento, de un friso para colocar en él el nombre de la industria ó del comerciante, de unas pilastras laterales colocadas á cierta distancia para aplicar á estos espacios las puertas de cierre exterior, y del zócalo. Todas estas piezas están aplicadas al muro y retenidas con hierros entregados con mezcla en él.

La variedad de dibujos que pueden adoptarse es infinita, y depende principalmente, como ya se ha dicho, de la clase de industria, del espacio disponible y de la mayor ó menor riqueza que desee el negociante.

Con relacion á las líneas generales, puede haber fachadas de un aparador ó de dos aparadores. En el primer caso, la puerta de entrada se coloca á un lado del hueco general, dándole las dimensiones comunes para el paso muy holgado de una persona. En el segundo caso, esto es, cuando el hueco es muy grande, la puerta se coloca en el centro, dándosele las mismas dimensiones que en el primer caso.

En cuanto al friso, se correrá siempre de parte á parte, sin interrupcion, colocando además una imposta sobre la puerta siempre que la altura total sea considerable.

La lámina 210 es un ejemplo muy elegante y serio de una fachada de tienda con dos aparadores, pudiéndole aplicar á varias clases de artículos.

Lámina 211.

El motivo representado por esta lámina es muy semejante al anterior, relativa-

mente á su construccion en general, que, en cuanto á la parte decorativa ó de adorno, es en éste mucho más sencilla que en aquél, tanto por la supresion de los calados como por la de las cartelas que sostienen la cresteria.

Este modelo se diferencia además en que la puerta se encuentra en éste, al mismo nivel exterior que el de los aparadores, y no en el interior, lo cual no se acostumbra mucho hoy dia; puesto que de este modo quedan sólo para el público la parte estrictamente de fachada, cuando con la puerta colocada á la parte interior se aprovechan las visualidades laterales.

Lámina 212.

Esta es otra variante de los tipos anteriores, consistiendo la diferencia más notable en que los cristales no cubren todo el hueco en una sola pieza sino en varias. Tambien se diferencia en el sistema de colocacion de las tablas de cierre exterior, colocadas á ambos lados del hueco general.

Lámina 213.

Como indica esta lámina, esta fachada se encuentra en la alineacion del edificio, es decir, en el hueco únicamente de la tienda, sin sobresalir á la via pública como se acostumbra y permiten las ordenanzas municipales.

Pero debe advertirse tambien que este sistema sólo lo permiten muchas de las edificaciones modernas que se hacen, en las cuales entra en gran cantidad el hierro para formar montantes, y deja por lo tanto grandes huecos de que disponer.

Lámina 214.

Como á construccion no ofrece este tipo nada de particular, pues es lo que generalmente se hace, con más ó menos detalles de ornamentacion segun los casos y exigencias del propietario.

Láminas 25 y 26.

Esta fachada guarda mucha relacion con la representada en la lámina 210, siendo más sencilla que ésta, por cuanto el friso no es tan trabajado, tiene dos cartelas solamente y el basamento consta tan sólo de simples tablas en relieve para que haya algun movimiento de líneas.

La lámina 26 representa algunos detalles y secciones para que pueda apreciarse mejor la construccion, siendo de notar la extremada sencillez del basamento que contrasta notablemente con la parte escultórica y moldurada del friso, lo cual se interpreta muy bien, atendiendo á que, por la poca altura de la base y por su situacion, no necesita la visualidad de las partes altas.

Lámina 42.

Esta lámina representa otra fachada de dos aparadores y puerta central, á poca diferencia como la generalidad de las que ya se han tratado.

Todas ellas pueden construirse con un solo aparador, si el ancho del hueco no es muy grande, con sólo variar la colocacion de uno cualquiera de los montantes laterales, el cual se colocará lindante á la puerta, limitando siempre el tarjeton ó friso, el cual debe ir siempre de uno á otro montante principal.

La colocacion de la puerta á derecha ó á izquierda del aparador, depende de la distribucion que se dé al interior de la tienda y de la luz que reciba.

Lámina 215.

Esta fachada de tienda presenta un modelo muy elegante y ligero para un esta-

blecimiento que disponga de varias aberturas, en cuyo caso las pilastras de fábrica van cubiertas con carpinteria. La parte de basamento está formada por una reja de hierro que, por debajo de los aparadores, da luz á los sótanos.

INTERIORES DE TIENDA

Láminas 216 y 217.

En la construccion de una tienda cualquiera, á lo que debe atender preferentemente el artista ó constructor es á la organizacion interior. La comodidad y el aprovechamiento de todos los espacios grandes y pequeños, ésta debe ser su preocupacion principal, puesto que la cuestion de arte y adorno es secundario, y debe desprenderse naturalmente de las líneas principales que se den, con lo cual se logrará siempre producir un todo más útil y agradable á la vista.

La lámina 216 representa el alzado del fondo de una tienda, en el cual el centro está ocupado por un gran espejo y cada lado por dos puertas de una hoja. En esta misma lámina se encuentran los detalles de las cornisas y molduras inferiores, el del plinto y el de un ángulo de la moldura saliente, cuyos detalles se aplican igualmente al alzado lateral representado en la lámina 217 en donde hay las líneas de referencia de los detalles.

Por los dibujos de las plantas puede apreciarse la colocacion de los distintos cuerpos que forman la instalacion, los cuales son huecos y ocupados por vidrios en los dos tercios superiores, y el tercio inferior es lleno formando basamento.

Láminas 218 y 219.

La lámina 218 representa una parte de los armarios que ocupan las paredes de una tienda, compuestos de compartimientos cerrados por puertas de dos hojas y unos cuerpos avanzados formando pupitre, sostenidos por balustres. Los montantes que separan los varios compartimientos tienen las aristas achaflanadas y terminan en pequeños capiteles, sobre los cuales corre el friso, dividido por medio de cartelas y rematando todo en una cornisa con modillones.

La lámina 219 da las secciones y los ensambles de esta instalacion.

MOSTRADORES

Láminas 220 y 221.

Se da este nombre á las mesas llenas ó huecas que, en el interior de las tiendas, sirven para exponer los objetos á los compradores, y que por este mismo motivo deben ser lo más holgadas que sea posible para que quepan en ellas cuanta cantidad de género convenga.

Los mostradores pueden ser abiertos ó cerrados, segun se quiera ó no utilizar su interior para colocar géneros tambien en él. En el primer caso se acostumbra á sostener el plato por medio de montantes torneados, y en el segundo caso por tableros colocados entre montantes planos.

La fig. 220 representa un mostrador mixto, es decir, que consta de una parte llena ocupada de arriba abajo por cajones, y una parte hueca cuyo plato apoya en una mesita colocada á la distancia conveniente.

La fig. 221 representa las proyecciones laterales y los detalles de su ejecucion.

Láminas 222, 223 y 224.

Como á forma general, el mostrador representado en alzado y en detalles por estas láminas, es el que generalmente se adopta en casi todos los comercios, por la resistencia que ofrece y por la comodidad de poder utilizar su espacio interior para varios usos.

ESTANTERIA

Láminas 225, 226 y 227.

Siempre que se desee hacer una construccion económica y la clase de objetos lo permitan, muchos son los establecimientos que, en vez de armarios, colocan estanterias más ó menos altas segun la cantidad de géneros ó artículos que se deban poner en ellas, y cuya labor será más ó menos esmerada segun la importancia de la instalacion.

La estanteria que se representa por estas láminas tiene varias aplicaciones por poder admitir un sin fin de artículos diversos, reuniendo al propio tiempo una sencillez, elegancia y solidez dignas de imitarse.

Por los adjuntos detalles puede apreciarse perfectamente su construccion por demás irreprochable.

LIBRERIAS

Lámina 40.

De entre el sinnúmero de muebles que adornan las habitaciones, uno de los más útiles es ciertamente la libreria, por tener que encerrar objetos de verdadero valor material artístico y científico.

Hay dos clases de librerias; las fijas y las móviles. Las móviles se componen de uno ó dos cuerpos, de los cuales el inferior generalmente tiene más profundidad que el superior. Ambos cuerpos están cerrados con puertas provistas de cristales, ó lo que es más comun, lo está así solamente el superior, para colocar en él los libros, y el inferior se utiliza entonces para pliegos, carpetas, carteras, dibujos y otros varios objetos.

En cuanto á las librerias fijas, se instalan en los huecos que se forman con este objeto en los muros y que se cierran igualmente con cristales.

La distribucion de los estantes obedece al capricho ó necesidades del propietario, y se obtiene apoyándoles en unos listones de madera, que descansan en los dientes de unas cremalleras colocadas en los ángulos interiores de la libreria, y que por lo tanto permiten graduar las distancias que se deseen de una tabla á otra.

Para que las cremalleras sean buenas deben estar construidas con madera de haya de seis líneas á una pulgada de espesor, segun el peso de los estantes, por doce á diez y ocho líneas de ancho, para poder labrar bien los dientes. Estos deben tener cinco líneas de profundidad por siete de altura á lo menos, y siete líneas de profundidad por diez de altura para las cremalleras mayores. Es preciso poner mucho cuidado en que la parte superior de los dientes ó apoyo de los listones sea un poco más gruesa en el fondo para que no salten los dientes; y para darles aun mayor solidez, no se harán sus puntas de ángulo sino que se les dejará una parte plana.

Las cremalleras se fijan por medio de

tornillos sobre los montantes y lados de la libreria.

Su construccion puede hacerse de dos maneras. El primer medio consiste en formar los listones al ancho y grueso necesarios; luego se forman los dientes principiando por aserrar la parte horizontal de cada uno de ellos ó asiento y quitando la madera sobrante con el escoplo.

Por el segundo medio se toma una tabla bien acepillada, que tenga el grueso igual al que deban tener las cremalleras que han de construirse; luego se hacen las divisiones, las cuales se sierran transversalmente á la tabla, dándoles la profundidad necesaria; se quita groseramente la madera escedente, labrando luego transversalmente cada diente con una especie de guillame inclinado, cuya forma sea semejante á la del diente, el cual lleva dos guias para que pueda trabajar con igualdad y su labra sea uniforme.

Una vez trabajada así la tabla, se va aserrando longitudinalmente al grueso correspondiente, resultando de este modo el número de cremalleras que hayan cabido en todo el ancho de aquélla.

Este procedimiento da muy buenos resultados, pero exige mucho cuidado en este último paso de sierra para que no salte ningun diente, por cuyo motivo, aunque más largo de ejecucion, los carpinteros prefieren muchísimo más el primer sistema.

El tipo representado por la lám. 40 es una bilioteca fija, cuya ornamentacion es de las más sencillas y de muy fácil ejecucion.

El trabajo de carpinteria de las bibliotecas, en general, debe ser tratado con mucho esmero, por cuanto muchas veces no se acostumbra á darles pintura alguna, sino simplemente una ó dos capas de barniz, y las tabletas y montantes deben estar bien unidos y pulimentados para que no rasguen las cubiertas de los libros.

Láminas 228 y 229.

Esta biblioteca es abierta, es decir, que no está cerrada con vidrieras, lo cual se aplica al caso de tenerse que consultar con frecuencia los libros contenidos en ella, lográndose además que, con el contacto continuo del aire no se crien insectos en su interior ni se apolille la madera comunicándose al papel que, no siendo en general fabricado con hilo, es mucho más propenso á deterioro.

La primera condicion de toda biblioteca ó libréria es que tenga un carácter severo y sencillo, que guarde relacion con la clase de madera que se emplee, es decir, que cuanto más dura sea la madera se le podrán adoptar perfiles más ó menos delicados, inaplicables á maderas de grano grueso que darian un trabajo quebradizo.

El mueble de que se trata en la lámina 228 consta de dos cuerpos, ensamblados separadamente por medio de tornillos, lo cual facilita su transporte en caso de necesidad. La parte superior, abierta, comprende el espacio destinado á los libros, cobijados por una moldura saliente que les preserva algun tanto del polvo; su profundidad está en relacion con el ancho de los libros que deba contener.

En esta libreria se ha prescindido de las cremalleras para division de los estantes, las cuales tienen el inconveniente de perjudicar á los libros extremos de cada fila, habiéndolas reemplazado por sustentáculos de metal representados por la figura A.

Para su colocacion se practican de distancia en distancia unos agujeros en los montantes, en los cuales se introduce la espiga de estas piezas metálicas, con lo cual se pueden graduar á voluntad las alturas de los estantes.

En la parte inferior del basamento, se

pueden colocar obras en publicacion, manuscritos, carpetas, etc.

Además, en la parte superior de esta especie de zócalo se colocan dos cajones que, además de la mucha utilidad que presentan, establecen cierta separacion muy bien entendida de los dos cuerpos.

La lámina 229 representa una de las caras laterales y la seccion del mueble, acompañadas de los detalles en perspectiva que facilitan su comprension.

Esta libreria construida con madera de encina pulimentada resulta á unas 300 pesetas.

Láminas 230, 231 y 232.

Esta libreria, por su estructura especial, es muy apropiada para instalarla en estaciones de ferro-carriles.

Si bien en estos edificios generalmente se colocan estos muebles adosados á alguno de los muros de las salas de espera, sin embargo se las puede colocar en el centro, ó bien en el tabique que separa la sala de primera de la de segunda clase, como expresa el presente modelo; en cuyo caso, el centro se hace hueco, que es en donde se coloca el vendedor para que pueda atender á ambas caras.

Considerando el conjunto de esta obra de carpinteria, se ve que está compuesta de un basamento que contiene varios armarios; de una graderia oblicua que sobresale por su parte inferior; de cuatro séries de estantes formando armarios colocados á cada lado y opuestos de dos en dos, y de un fronton decorado para las inscripciones.

El basamento está formado por tableros que descansan en un plinto, comprendidos en unos montantes provistos de cartelas que sirven de apoyo á la mesa con canto moldurado que sostiene la graderia.

En la lámina 231 se ve la construccion de esta graderia oblicua formada por tablas curvadas en caliente, que terminan en los tableros triangulares de los lados.

La galeria ó baranda de cobre que rodea la base de la graderia, impide que los libros puedan caer al suelo, sirviendo al mismo tiempo de adorno.

La altura de las gradas se calcula segun el tamaño de los libros.

Los espacios interiores de los armarios laterales comprendido en la altura total de la graderia, están ocupados por cuatro cajoncitos para las transacciones del dia, y por cuatro armarios pequeños para depósito de libros. De este modo queda aprovechado todo el espacio posible, respondiendo así completamente la libreria á las varias exigencias que debe llenar.

Además, para que el vendedor pueda penetrar en el interior del mueble, es indispensable que haya una parte móvil, á cuyo fin se destina uno de los tableros laterales (figura A), practicándose la abertura detrás de los montantes angulares del basamento, que arrastra consigo parte del tablero de la mesa, siguiendo además el triángulo frontero de la graderia. Como por el gran peso de esta pieza móvil pudiese temerse un manejo dificil y penoso, se establece al lado opuesto de las visagras un sistema de cilindros para que auxilie la parte libre y transmita todo el roce con el suelo á unos cilindros de fundicion, (figura B); de este modo el acto de abrir y cerrar se resuelve sin la menor dificultad.

Falta ahora esplicar el sistema de cierre general del mueble, para lo cual debe consultarse el croquis representado por la figura *c*. En la planta de la graderia representada por la lámina 232, los armarios laterales están figurados en la posicion que ocupan durante el dia, es decir, cuando el mueble está abierto; mas como no están unidos al resto de la obra más que por medio de muñones de hierro colocados en X X, en la base y en el vértice, al girar sobre sí mismo pueden tomar sucesivamente las posiciones indicadas en dicha figura.

Si se quiere hacer el cierre más facil aun, sin necesidad de quitar los libros colocados en la graderia, puede cubrirse ésta y los armarios laterales con unas cortinas de tela metálica sujeta por cualquiera de los sistemas conocidos.

El precio á que puede resultar un mueble de éstos, construido con madera de encina, es de unas 800 pesetas.

Lámina 234.

Esta libreria no es ni más ni menos que una estanteria colgada, compuesta de tres espacios separados por tablas, de las cuales la una es fija y la otra móvil para poderla colocar á la altura que se desee por medio de cremalleras, cómo lo representa la seccion vertical de esta lámina.

Los montantes posteriores se prolongan por la parte superior é inferior del cuerpo general, recibiendo esta última dos cartelas de apoyo de los montantes de la fachada.

Los travesaños se unen á los montantes á caja y espiga estando sujetos por medio de clavijas. La tabla ó estante inferior sobresale de las caras laterales y está retenida por clavijas exteriores.

Este mueble está colgado por medio de clavos de gancho que penetran en unas platinas de ojal fijas en la cara posterior de los montantes del fondo.

Lámina 235.

Esta obra consta de dos partes: el basamento, provisto de cajones en su parte superior y la estanteria.

En cuanto á estructura general y construccion, es muy semejante á la representada por la lámina 228, de modo que todo cuanto se ha dicho en ella se aplica perfectamente á este modelo.

Láminas 236 y 237.

Esta biblioteca no tiene cristales, y en su lugar se ha colocado una rejilla metálica de malla grande comprendida entre dos armarios llenos, colocados uno en cada lado.

La parte inferior ó basamento lleva tambien rejilla igual á la del cuerpo alto, y tiene mayor profundidad que la de éste, para poder colocar en él los libros de mayor tamaño; por lo tanto, forma como una especie de mesita que presta mucha utilidad en algunos casos.

Los armarios laterales cerrados tienen tambien estanteria, y suplen la falta del basamento que, por ser abierto, no permite poner legajos, planos ni otros objetos de formas distintas.

Láminas 238 y 239.

Este tambien es otro tipo de biblioteca abierta, pero que no lleva cristales ni rejilla de alambre, compuesto, como los demás, de la parte inferior ó basamento, llevando cajones debajo del plano de la mesa y de la parte superior ó estanteria, de menor profundidad que la primera, y cuyos lados están unidos por medio de cartelas invertidas para destruir la aridez del ángulo entrante que forman ambos cuerpos.

Con el fin de evitar la flexion de los estantes, proveniente del peso de los libros, se colocan uno ó dos ó más montantes quebrados intermedios en cada espacio, segun la longitud del mueble, los cuales deben corresponderse de arriba abajo, con lo cual se logra al propio tiempo poder formar clasificaciones si así conviene.

MESA-ESCRITORIO

Lámina 240.

Para esta clase de muebles pueden adoptarse formas muy variadas; de modo que cada cual los hace construir segun sus necesidades, sus gustos y las exigen-

cias de su comercio; por lo tanto no es posible asignarles disposiciones fijas, si bien los principios de su construccion sean casi siempre los mismos, esto es: cajones debajo del plano de la mesa, estantes para los libros y una parte central hueca para el que deba trabajar en ella.

En cuanto á la superficie de la mesa, se acostumbra á cerrar por medio de una barandilla de madera con balustres, debajo de la cual se establecen cajones para notas, facturas, etc.

Lámina 241.

Este tipo es de los más sencillos que puedan presentarse, puesto que sólo consta de dos cajones para papeles y un estante abierto para libros, de modo que no es conveniente utilizarle para un despacho.

El tipo más comun es el llamado mesa-ministro, de las cuales se construyen generalmente de dos tamaños: las grandes y las pequeñas, cuyas dimensiones son 1'60 metro de largo, 0'86 metro de ancho y 0'82 metro de alto para las grandes, y 1'20 metro de largo, 0'66 metro de ancho y 0'80 metro de alto, cabiendo dentro de estas dimensiones-límites, todos los tipos que se deseen.

PUPITRES

Lámina 242.

Generalmente este mueble se le emplea en las escuelas públicas, de modo que tratándose de un personal tan turbulento y destructor como son los estudiantes, las condiciones indispensables que debe reunir un pupitre, sobre el cual se trabaja diariamente, son: comodidad, sencillez, estabilidad y solidez tanto del pupitre en sí como del banco, cuyas partes es altamente conveniente permanezcan fijas é invariables.

Por poco conocedor que se sea de la organizacion que debe haber en una escuela, se comprenderá muy bien que, por lo que se refiere á este mueble, se han estudiado por el constructor todos los detalles para que cumpla debidamente con el objeto á que se le destina.

Lámina 243.

Este pupitre es una variante del anterior, sólo que su construccion es más esmerada y elegante en dibujo, y en vez de un estante interior, forma cajon que se abre por la tapa la cual lleva un reborde para que no caigan los papeles que puedan resbalar.

En vez de tener los lados cubiertos, están formados por montantes de aristas achaflanadas, que llevan unas cartelas de sostenimiento del voladizo de la mesa.

DESPACHO

Láminas 244 y 245.

Estas láminas representan el frente, secciones y planta de un despacho propio para estaciones de ferro-carriles, establecimientos de crédito, etc., y cuya construccion es sencillísima y claramente espresada, por cuyo motivo es inútil entrar en esplicaciones.

TIENDA AMBULANTE

Lámina 246.

En las poblaciones en donde durante ciertas festividades se celebran ferias, como por ejemplo en Barcelona durante el mes de setiembre, se acostumbra á destinar una plaza ó una calle para la venta de juguetes, artículos de menaje y otros objetos, para lo cual cada vendedor obtiene un espacio de terreno en donde, bien sea sobre mesas ó en el suelo, coloca su mercancia para comerciarla, preservándola del sol ó de la lluvia por medio de toldos más ó menos mal combinados, si así puede decirse, y de telas más ó menos abigarradas, produciendo un conjunto heterogéneo de muy mal efecto.

Esto, que hasta puede tolerarse en las ferias que se acostumbran á celebrar en ciertas calles no muy anchas y que sólo duran un dia, no debe permitirse cuando deban durar más tiempo; y comprendiéndolo así el municipio de Barcelona, hace muy pocos años hizo construir un sinnúmero de tiendas iguales, que alquilaba á los vendedores, con lo cual se obtuvo, si no cierta elegancia, por cuanto no es posible en construcciones transitorias de esta índole por no admitir ciertos detalles de ornamentacion, á lo menos una uniformidad que producia un efecto bastante agradable.

El modelo representado por la lámina 246 es el que sirvió para la construccion de estas tiendas ó puestos de venta, en las cuales cada una de sus partes es susceptible de un fácil desmontaje. Las cuatro caras perpendiculares se unen entre sí por medio de ganchos; el piso es independiente y está formado por tablas sujetas por travesaños que las preservan de la humedad del suelo; la cubierta es independiente igualmente, y está formada por tablas que se solapan unas á otras.

La fachada se abre á la altura conveniente, por una série de tablas unidas entre sí que, formando toldo ó cortina, preserva de los rayos del sol ó de la lluvia; mas, si así no conviene, se la aplica al techo de la tienda sujetándola con ganchos.

La lám. 246 representa una tienda abierta y otra cerrada, junto con algunos detalles de ornamentacion.

CAPÍTULO LX

PABELLONES, COBERTIZOS Y MUEBLES DE IGLESIA

PABELLONES

Lámina 67.

Esta lámina representa el tipo de pabellon que sirvió para establecer los torniquetes de entrada en la Exposicion de París del año 1867, el cual puede aplicarse para entrada á teatros de verano, jardines, circos y otros espectáculos, pudiéndose prescindir de los torniquetes si se cree conveniente, por cuyo motivo están aislados de la obra.

Bajo el punto de vista de la construccion, no puede darse nada más sencillo, así como tambien tocante á su distribucion interior.

La forma que afecta es la de un rectángulo, cuya parte central está dividida en tres secciones para los torniquetes y para los empleados encargados de este servicio; á ambos lados de esta parte central se encuentran dos despachos cubiertos, con una ventanilla practicada en el paramento de fachada, destinado al cambio de moneda.

El conjunto de la construccion afecta la forma de un chalet ó pabellon, con cubiertas salientes á ambos lados.

En esta lámina está representada la planta, el alzado de frente, así como tambien el detalle del fronton y los de la parte superior é inferior de las verjas.

Como ya se ha observado en otras ocasiones, gracias á la rapidez del trabajo proveniente de las máquinas de aserrar, la cuestion de los calados de la madera se ha simplificado de un modo extraordinario. El trabajo que con una sierra de mano hacia antiguamente el hombre en una semana, lo ejecuta una máquina en algunas horas, dando al propio tiempo una labra más perfecta; así pues, la parte decorativa de un pabellon de esta especie no es problema que deba preocupar al constructor, puesto que, sean cuales fuesen las líneas que conciba, las ejecutará la máquina con la mayor sencillez y economia de tiempo. Luego, lo principal estriba en la distribucion general del emplazamiento, para que la obra cumpla con el objeto á que se destina.

Lámina 16.

Esta lámina representa parte de la cubierta de un pabellon estilo ruso, notable por su originalidad, puesto que se separa completamente de lo que se acostumbra á ver en general, notándose además en esta clase de construcciones lo bien entendido de sus combinaciones, su solidez y la perfeccion de los ensambles.

Bajo el punto de vista decorativo, los calados en madera de las casas rusas tienen igualmente un carácter muy determinado, que se separa completamente de lo que se acostumbra á ver en las construcciones de igual clase, en particular de las llamadas á la suiza.

Lámina 15.

Al igual que la tienda ambulante de la lámina 246, este pabellon se monta y desmonta con la mayor facilidad, pudiéndosele trasladar al punto que convenga, distinguiéndose únicamente por la forma algun tanto oriental que le da el remate colocado en el centro del emplazamiento.

Este pabellon se compone de una sola pieza ó habitacion con puerta rectangular y dos ventanas con arco de medio punto en el paramento de fachada. La cubierta es plana y lleva en su centro una especie de cúpula ovalada terminada en punta. El decorado de la fachada lo constituyen maderas caladas, pintadas con colores vivos, así como tambien los arcos de las ventanas, las columnitas de las jambas y el dintel de la puerta.

Se comprende perfectamente bien que, como á provisional, esta construccion puede dar buenos resultados, debiéndose atender preferentemente á combinar los distintos paramentos, y cubierta de una manera sólida y sencilla para que con el montaje y desmontaje más ó menos frecuente no sufra deterioro.

Lámina 247.

Se da el nombre de kiosco, palabra de orígen turco, á unos pabellones de dimensiones muy reducidas, abiertos por todos sus lados, los cuales se colocan en un jardin, para tomar en ellos el fresco y gozar de la vista, permitiendo el encontrarse á cubierto de los rayos solares ó de la lluvia.

Modernamente se les emplea en las grandes poblaciones para la venta de refrescos, periódicos y otros artículos, en los apeaderos de los tranvias, y en general para todo cuanto permiten las ordenanzas municipales establecer en la via pública, en cuyo caso se hacen completamente cerrados, dejando una ventanilla en una de sus caras ó lados para la venta de los artículos ó vigilancia del encargado si se trata de un servicio público.

La forma y disposicion de estos pabellones es muy variada, puesto que se construyen de planta cuadrada, circular ó poligonal; sin embargo, conservan siempre el mismo carácter típico que les distingue de las demás construcciones.

El kiosco representado por la lámina 247 es de planta cuadrada teniendo una puerta y tres grandes aberturas ó ventanas una en cada uno de los tres paramentos restantes.

El entramado está formado por cuatro montantes cornifales, ocho montantes intermedios que constituyen las jambas de los huecos y los travesaños extremos ó intermedios, cuyas piezas tienen las aristas achaflanadas.

La parte inferior ó basamento es llena y está reforzada con cruces de san Andrés aparentes.

La parte superior ó piñon y las paredes están formadas con listones cruzados para permitir el paso del aire y de la luz.

El voladizo de la cubierta de teja plana está sostenido por medio de cartelas muy sencillas.

Toda la obra descansa en un zócalo de obra de fábrica.

Lámina 248.

Por su estructura especial, este kiosco se le puede emplear como á merendero, colocándole en el centro de un jardin, ó como pabellon de guarda, en cuyo caso deben cubrirse los paramentos colocando una puerta y una ó dos ventanillas en los que se crea más propios al caso.

La forma es octogonal como puede verse por su planta; los montantes tienen las aristas achaflanadas, y están unidos entre sí por la parte superior por medio de travesaños curvos formando imposta enrejada; dichos montantes sostienen unas cartelas en donde apoya el voladizo horizontal de la cubierta, en cuyo perímetro se coloca un lambrequin calado. La cubierta está formada por una pirámide terminada en un pendolon rematando en punta.

La barandilla la constituyen una combinacion de cruces de san Andrés que afectan la forma de rombos.

Láminas 23 y 24.

Este es uno de los ejemplos más completos de carpinteria decorativa; en el centro de la fachada lleva cristales, así como tambien en las dos ventanas colocadas una á cada lado de dicha puerta y en las dos partes fijas de los ángulos.

Los montantes llevan pilastras sobrepuestas que sostienen unas cartelas destinadas á recibir el voladizo de la cubierta, colocadas en el friso de madera calada formando rejilla, en cuyo centro se coloca un medallon para destruir la monotonia.

El basamento lo constituye un calado de dibujo muy severo, que contrasta muy bien con el basamento de la puerta.

Con el objeto de preservar este pabellon de la humedad del suelo, descansa en un basamento de fábrica de o'45^{m} de altura, y para cuyo acceso se construyen tres peldaños frente de la puerta de entrada.

El valor aproximado de este pabellon, comprendiendo la cubierta de zinc, la pintura y la parte de cerrajeria y vidrieria, es de unas 3.000 pesetas.

Lámina 115.

Este pabellon se compone de un basamento formando balustrada de madera calada y de una cubierta sostenida por columnitas que descansan en las pilastras de apoyo, cuyos soportes están unidos entre sí por medio de arcos ornamentados, entre los cuales se colocan las cartelas de apoyo del voladizo.

El resto de la construccion es por demás sencillo.

Lámina 30.

Esta lámina representa las fachadas principal y lateral de una casita ó pabellon para guarda, compuesto de una planta baja, un piso y una cubierta, y para el cual el terreno tiene dos niveles distintos coincidiendo el uno con la planta baja y con el piso el otro.

En cada una de las dos fachadas principales hay una escalera doble con barandilla de madera calada, para dar acceso á cada uno de los dos pisos.

PABELLON RUSO

Láminas 249, 250, 251 y 252.

La lámina 249 representa una parte del alzado principal de este pabellon, cuya estructura está formada por montantes y travesaños de aristas achaflanadas. El basamento está ocupado por tablas redondeadas por una de sus caras, colocadas

horizontalmente y clavadas en los montantes, con lo cual se imita el sistema de construccion ruso empleando maderas redondas. Lo restante de los paramentos lo constituyen tablas unidas entre sí á ranura y lengüeta, formando un acanalado y colocadas verticalmente.

La cubierta está formada igualmente por tablas unidas como las anteriores, y cuyas juntas están cubiertas por medio de listones, llevando una cresteria de madera calada, y en el borde inferior un lambrequin igualmente calado, el cual se corre por los bordes del piñon, cuyo vértice remata en tres puntas, que son las prolongaciones de los pares y el pendolon, representado á escala de 0'06^{m} en la lámina 252.

La puerta principal (lámina 250) es de dos hojas formadas por un basamento lleno, y el resto con vidrios. Los montantes, tabios y peinados de esta puerta tienen las aristas achaflanadas. Cada basamento se compone de tres tableros, de los cuales el mayor es á tablas verticales unidas á ranura y lengüeta de junta acanalada, y los otros dos, colocados sobre el primero están decorados con tablas contorneadas. Atendida la altura de esta puerta-vidriera se ha colocado una imposta con vidrios.

El marco de esta puerta está formado por tableros de tablas acanaladas, con aplicaciones de madera calada, comprendidos entre los montantes y los travesaños de aristas achaflanadas. La cornisa descansa en unas cartelas fijas en la parte superior de los montantes, los cuales llevan una ornamentacion de madera calada colocada inmediatamente debajo de aquéllas.

Esta misma lámina representa tambien el alzado de una de las ventanas de este pabellon, la cual está dividida en dos partes, fija la una, que es la que constituye la imposta, y móvil la otra formando las dos hojas con vidrios de una sola pieza. Los montantes del marco, así como tambien el coronamiento de la ventana, llevan aplicaciones de madera calada.

La lámina 251 completa suficientemente los detalles de construccion de esta obra.

Láminas 1 y 2.

Por su estructura este pabellon puede aplicarse á estacion provisional, á tinglado para mercancias, á exposicion ambulante y otros varios usos, para lo cual se le debe dar las dimensiones apropiadas á cada caso, cambiando por lo tanto la escuadria de las maderas que constituyen los entramados, segun la fuerza que deban ejercer.

Consta sencillamente de tablas unidas á ranura y lengüeta, comprendidas entre los montantes de aristas achaflanadas; de tableros de madera calada, que forman una especie de piso sobre las aberturas; de un lambrequin colocado en los bordes de la cubierta, y de algunas cartelas de madera calada igualmente.

El zócalo está formado de ladrillo para que aisle la madera del contacto del suelo.

La lámina 2.ª representa algunos de los detalles de ornamentacion.

COBERTIZOS

Lámina 253.

Este modelo podria haberse clasificado como á tienda ambulante; mas como por su estructura especial puede aplicarse á varios usos muy distintos, se ha atendido preferentemente á la mision que tiene de cubrir un espacio.

Esta construccion no es más que un compuesto de entramados muy ligeros y completamente abiertos por los lados, los

cuales sólo tienen travesaños en la parte superior para sostener la cubierta, compuesta de un friso calado en toda su longitud, y mantenidos en unos travesaños ensamblados á caja y espiga en los montantes extremos.

Los lados ó caras laterales constan de piezas verticales y horizontales ensambladas á media madera. La cara posterior está ejecutada de una manera análoga, con la sola diferencia de haber en ella una abertura de paso formada por dos montantes intermedios. Los travesaños horizontales se ensamblan con los montantes á caja y espiga sin clavijas, y en su lugar se colocan pernos de tuerca para que permitan el desmontaje.

El entramado de la cubierta es á una pendiente y susceptible de desmontarse igualmente, constando de correas sostenidas por los montantes, que ensamblan con los frisos por medio de una argolla ó abrazadera de hierro en la cual se adapta una cuña de madera. Para la cara posterior, estas correas llevan un pedazo de madera clavado en la cara de debajo, el cual se fija en los montantes por medio de una clavija.

Encima de estas correas se colocan las latas, y encima de éstas la tela embreada ó cualquier otra clase de tejido impermeable que sea fácil de quitar.

Las paredes pueden cubrirse con tablas, telas ó papel segun el empleo que quiera darse á esta construccion.

Lámina 254.

Los cuchillos de este cobertizo ó tinglado constan de dos pares y un pendolon unidos entre sí por medio de piezas auxiliares en forma de cruces de san Andrés ensambladas á media madera, y cuyos intérvalos están ocupados, en los cuchillos extremos, con madera calada.

Segun el empleo que se le dé, bien sea para establecer un café en un jardin ó cualquier otro uso semejante, se le puede añadir una barandilla en la parte baja y un lambrequin en los bordes longitudinales y transversales, con lo cual tendria mucho mejor aspecto.

En la mitad inferior de esta misma lámina se representa otro tipo de cobertizo completamente distinto del anterior, por cuanto aquél es á dos vertientes y éste es á una sola vertiente, siendo además muy distinto el objeto para que se puede emplear. Aquél puede clasificarse como cobertizo de adorno, y éste como cobertizo de utilidad, siendo muy propio para coches, carros y toda clase de vehículos.

Láminas 33, 34, 35 y 36.

Este cobertizo tiene la forma rectangular, como puede verse por la planta representada en la lám. 33, y su único empleo es para resguardar del sol, del viento y de la lluvia, instalándose en los jardines públicos, lo cual es muy comun en el extranjero.

Su construccion no ofrece ninguna dificultad, por lo tanto puede prescindirse de su explicacion.

MARQUESINAS

Lámina 43.

Se da este nombre á las cubiertas á una vertiente que se colocan encima de las puertas exteriores que dan acceso á los patios y jardines, cuya construccion apoya en cartelas entregadas en la fábrica.

En la lám. 43 se representan dos sistemas de construccion, con canal de desagüe el uno y sin canal el otro.

La cubierta de esta clase de construcciones acostumbra ser de baldosas delgadas diáfanas, sostenidas por hierros de T invertidos y cuyas juntas se tapan con almáciga.

Lámina 255.

Como la anterior, esta marquesina está sostenida por dos cartelas y su cubierta es de zinc. Las dos cartelas que se representan indican dos tipos distintos como ornamentacion. En cuanto á la canal de desagüe, puede aplicarse á ambas.

CONFESONARIOS

Lámina 256.

Por sus dimensiones y las disposiciones que reclama su empleo, un confesonario es una obra de carpinteria relativamente importante, y cuya importancia permite darle formas muy variadas que para ser propias, deberian cambiar de estilo para cada iglesia relacionándolas con el monumento en sí, y por lo tanto podrian ofrecer una gran diversidad de aspecto.

Sin embargo, sea que no se le considere como objeto de adorno ó que se atienda tan sólo á una economia exagerada, los confesonarios, en general, presentan en casi todas las iglesias un tan grande aspecto de pobreza, que contrasta notablemente con la riqueza que en general se ostenta en el decorado de las paredes y altares, construyéndoseles casi todos bajo un tipo determinado desprovisto completamente, no tan sólo de adornos, sí que tambien de elegancia; tanto es así, que vienen á ser ni más ni menos como unos simples armarios.

La forma del confesonario representada en la lám. 256, además de cumplir con todas las condiciones que requiere el uso que debe hacerse de él, destruye la monotonia y pobreza de líneas que se observa en casi todos, imprimiéndole al propio tiempo cierto carácter de severidad muy á propósito para un templo.

Láminas 257, 258 y 259.

Los confesonarios no han tenido siempre la forma que se les da hoy dia, puesto que antiguamente el penitente se sentaba al lado del confesor.

Hoy dia, los confesonarios constan de tres espacios separados por entremados de madera, adosándoles á los muros ó á los pilares. Se les instala sobre un entarimado con uno ó dos peldaños, en el cuerpo central, que es en donde se coloca el confesor, está cerrado por medio de una puerta llena en su tercio inferior y en los dos tercios restantes se forma un enrejado de madera más ó menos trabajado, en armonia con el resto de la construccion. En su interior y frente la puerta hay un asiento para el confesor, y en los paramentos laterales, á la altura conveniente, se construyen dos ventanillas enrejadas, con visagras ó á colisa, para el acto de la confesion, colocándose debajo de ellas tanto interior como esteriormente unas tablillas horizontales para apoyo de los brazos.

Los espacios de los lados están abiertos por la parte superior y de acceso, de modo que la parte del muro lleva un entramado de madera en cuyo montante estremo ensambla los travesaños de la especie de barandilla llena, que cierra el espacio en donde se coloca el penitente.

Las láminas que se acompañan representan un tipo sencillo, severo y elegante de uno de estos confesonarios, y cuyos detalles representan con la mayor claridad del sistema de construccion que se ha empleado.

PÚLPITOS

Lámina 260.

El púlpito es uno de los muebles de mayor importancia que adornan las iglesias, puesto que, por su posicion elevada es, despues del presbiterio, el que primero se presenta á la vista. Por este motivo es necesario que esté concebido y ejecutado dentro de las mejores condiciones posibles de elegancia y de comodidad.

El púlpito debe ser proporcionado á la iglesia ó capilla en donde se instale; así, por ejemplo, en una catedral, en donde la bóveda es muy elevada y cuyos arcos y columnas tienen igualmente una grande altura, si se estableciera un púlpito de reducidas proporciones se produciria muy mal efecto, del mismo modo que un púlpito grande en una iglesia ó capilla pequeña.

El modelo representado por la lámina 260 es de los más sencillos que puedan proyectarse, adaptándose muy bien á una iglesia pequeña en donde no es probable haya un derroche de ornamentacion.

Generalmente la altura desde el nivel del suelo al piso del púlpito acostumbra á ser de 2 metros á 2'50^{m}; el apoyo de o'80^{m} á un metro de altura; el tejadillo se le coloca de 1'50^{m} á 1'80^{m}. En cuanto al ancho del púlpito, es muy variable, pudiendo ser de 1 metro á 1'20^{m} y á veces 1'50^{m}, segun la importancia del resto de la construccion.

Su forma tampoco es fija; sin embargo la más cómoda y la más generalmente adoptada, sea cual fuere el estilo del monumento, es la forma poligonal, que es la que representa la lám. 260. La parte inferior remata en un floron pendiente adosado al muro.

La parte más difícil de los púlpitos es la escalera, la cual se la construye de modo que ocupe el menor espacio posible, evitando al ejecutarla, el cruce de las partes curvas con las horizontales para que no produzcan mal efecto.

Lámina 4.

Este púlpito está adosado á una columna, estando sostenido por un pilarejo y cuya escalera lleva barandilla abierta formada por balustres.

El cuerpo del púlpito lleva un zócalo y un coronamiento moldurado, formado todo por montantes achaflanados y tableros simples de arista viva.

Los perfiles de las molduras están representados por secciones, así como la planta á escala de o'02^{m} por metro.

ESCALERAS

Láminas 101 y 102.

El tipo de escalera representado por estas láminas ofrece el caso de escalera cuyos peldaños muerden el rodapié á medio inglete y el de escalera á la inglesa con peldaños contorneados.

Láminas 13 y 14.

La lámina 13 representa una escalera recta de una casa de campo, construida en la parte exterior del edificio y adosada á una de sus fachadas, sirviendo únicamente para dar acceso al piso primero,

en donde termina en una meseta cuyas dimensiones guardan armonia con las de la puerta de entrada.

La disposicion exterior de la escalera está motivada para economizar espacio, siempre que el emplazamiento del edificio sea reducido.

Desde el momento que se coloca una escalera en la parte exterior, es indispensable que el constructor le dé todo el efecto decorativo que sea posible, bien que, por tratarse de un objeto colocado oblicuamente y que no guarda ninguna relacion con las líneas horizontales y verticales del edificio, se presentan muchas más dificultades al constructor, por cuyo motivo debe irse con mucho más cuidado para que no resulte una nota discordante de la construccion en general. Además, el hueco triangular que se forma debajo de la escalera produce casi siempre muy mal efecto; por lo tanto, debe hacerse de modo de distraer la vista colocando otras líneas que se correspondan con las principales de la escalera, como representa la lámina 13, con lo cual se logra al propio tiempo consolidarla aun más. Para que los inconvenientes de la escalera recta exterior no perjudiquen al aspecto de la construccion, deben estar estudiados con el mayor esmero tanto con relacion á sus dimensiones como á decorado.

Atendiendo á lo que se acaba de decir, esta escalera representa una construccion verdaderamente original y elegante, así como tambien la marquesina que la cobija, por su razon de ser especial y su utilidad particular.

Láminas 17, 18, 19 y 20.

Esta escalera es de caja rectangular con descanso y tramos rectos. Los peldaños formados como se acostumbran con peldaños propiamente dichos y contrapeldaños, están empotrados por un extremo en el muro y por el otro extremo en el rodapié.

La barandilla está formada por montantes de madera ornamentada y hierro forjado.

El primer peldaño apoya en un pedestal que sostiene una estátua de fundicion.

Los balustres, pasamano y las pilastras de los ángulos producirán muy buen efecto si son de madera de encina pulimentada; los zócalos y capiteles son de seccion cuadrada; el pasamano ofrece un perfil muy pronunciado.

Puente-pasillo

Lámina 261.

Por sus dimensiones generales y por la escuadria de las maderas que entran en su composicion, este puente pertenece tanto á la carpinteria de taller como á la de armar. Su decorado no presenta nada de particular, y á pesar de su sencillez puede sacarse bastante partido de él, decorando ó modificando la balustrada por medio de calados ó madera torneada; tambien, segun la posicion de este pasillo y el objeto á que se destina, se le puede adoptar un decorado que esté en armonia con los edificios á donde se aplique.

Lámina 3.

Los montantes de este puente tienen una escuadria de o'10^m × o'10^m; los tornapuntas tienen el borde superior plano y el inferior forma dos arcos, siendo su espesor de o'06^m; los pilarejos tienen o'08^m por o'08^m; el paramento está redondeado por su borde superior y tiene o'10^m por o'10^m de escuadria, ensamblando por sus extremidades con los montantes principales, los cuales están mantenidos por medio de unos tornapuntas exteriores colocados en posicion inclinada con relacion al eje del puente. Las aristas están achaflanadas únicamente en la parte correspondiente á los huecos, para dar más elegancia al conjunto.

El piso ó tablonado del puente está formado por tablones alquitranados por la parte inferior.

Palomar

Lámina 21.

Tal como se representa este palomar está colocado encima de un kiosco gallinero adosado á un muro de cerca. La puerta lleva una imposta, y tiene practicada una pequeña abertura en la base para la entrada y salida de las aves.

Los paramentos de esta obra son de ladrillo puesto de plano ó en forma de tabique, segun la mayor ó menor seguridad que quiera dársele; mas como en este caso se trata simplemente de un cierre por ser los montantes y travesaños de madera, las piezas de resistencia, es conveniente y más económico formar tabiques.

El coste aproximado de esta construccion es de 1,500 pesetas.

Perrera

Lámina 31.

Las paredes de esta perrera están formadas por tablas colocadas verticalmente, comprendidas entre dos montantes y travesaños extremos que son los que forman el marco, y dos montantes intermedios. La puerta tiene la forma ojival con borde moldurado. La cubierta, á dos vertientes, está formada por tablas que se solapan unas á otras, colocadas horizontalmente y retenidas por los pares moldurados y achaflanados de los paramentos de fachada. Esta cubierta sobresale ó avanza algun tanto sobre el hueco de entrada, y está sostenida por tres cartelitas caladas, colocadas una en cada montante y la tercera en el vértice, y sobre de la cual, en la cumbrera, descansa un remate de ornamentacion.

Pabellon enrejado

Lámina 64.

Este pabellon consta de una parte central cobijada por una cubierta curva que se corre á lo largo de las alas laterales formadas por arcadas de medio punto, estilo gótico. Esta parte central lleva dos columnas que sostienen un cornisamento con fronton curvo. La forma general de esta parte es la llamada de pabellon.

El friso está decorado, así como tambien el fronton y la parte superior de la cornisa, en donde, coincidiendo con los montantes ó columnas de las arcadas, se han colocado unos jarrones de tierra cocida, con lo cual se destruye la aridez de líneas que ofrece el conjunto.

Lámina 14.

Este modelo representa la perspectiva de un cañon seguido, recto, formado por dos paramentos enrejados y una bóveda semicilíndrica, enrejada igualmente, separada de los primeros por medio de un friso.

El fondo está formado por un paramento colocado á nivel del friso, terminando en dos arcos en cuyo cruce se coloca un farol.

Si en vez de ventana se quiere formar entrada, entonces se prolongarán los paramentos hasta el nivel del suelo.

Construccion de las bases, capiteles y cornisas

Lámina 116.

Las bases de las columnas se construyen de dos modos, segun sus dimensiones; lo más comun y al propio tiempo lo que ofrece mayor solidez es construirles de una sola pieza; sin embargo, de ello re-

sultan dos inconvenientes: la propension á hendirse ó la contraccion que esperimenta la madera, de modo que, en este caso, la caña de la columna llega á sobresalir de su base. Las líneas de puntos representadas en la base de columna de esta lámina indican el verdadero ancho; así pues, cuando las bases deban tener grandes dimensiones y se tema una contraccion de la madera, se las deberá encolar en la caña, pero únicamente la parte moldurada, puesto que el plinto se formará con cuatro trozos de madera en forma triangular, practicándose en su centro una caja cuadrada para introducir la mecha de la columna en ella, con lo cual se le da invariabilidad de forma.

Con relacion á los capiteles corintios ó compuestos, se les dispone del mismo modo que las bases, es decir, á hilo, para dar lugar á la mayor solidez y estabilidad de la parte de adorno ó labra que se les aplica.

La figura del centro representa un capitel corintio construido tal como se acaba de indicar, y la figura segunda es un corte de una de sus partes.

En cuanto á la tapa ó abaco de los capiteles, se les ensambla á hilo, á caja y espiga, como el plinto de la base ó pié, lo cual no presenta ningun inconveniente.

Los cornisamentos se hacen con más ó menos piezas, segun sus dimensiones. La figura inferior de la izquierda representa un cornisamento en el cual el arquitrabe A es de una sola pieza, el friso B es de otra pieza y la moldura C ó cornisa propiamente dicha es de tres piezas, segun el grueso de la madera, para evitar la merma ó pérdida proveniente de la construccion de la cornisa en una sola pieza.

Por el contrario, la última figura representa un cornisamento semejante al anterior, pero de mayor altura, por cuyo motivo el arquitrabe está formado por tantas piezas como molduras deba llevar, lo cual es preferible por cuanto emplea menos madera; además, cada una de estas piezas puede trabajarse más fácilmente, sobre todo si se trata de presentar dentellones *d*, los cuales pueden labrarse á sierra.

Debe observarse que todas las piezas que constituyen un cornisamento ensamblan á ranura ó lengüeta, debiéndose tapar las juntas por medio de las mismas molduras, y para que sean más sólidas se formará un bastimento *i h*, más ó menos grueso, segun las dimensiones del cornisamento, en el cual apoyarán todas las partes del mismo.

Si la seccion de las cornisas es curva, se las construye tambien de varias piezas segun sus dimensiones y el grueso de la madera que se emplee, los cuales determinarán el número y lugar de las juntas. Esta clase de cornisas se llaman volantes ó voladas, y sus curvas se trazan por medio de calibres ó plantillas.

Artesonado

Lámina 45.

Este es uno de los tantos modelos de techo que pueden presentarse, más ó menos recargado y cuya distribucion depende directamente del gusto del constructor.

Esta clase de techos se forman por partes, fáciles de desmontar y cuyas uniones se tapan con molduras, florones, etc.; y se comprende que así sea, puesto que ni se construyen en el sitio de emplazamiento para irlos labrando y montando á la vez, ni seria posible tampoco construirle en el taller y trasladarle entero á su sitio respectivo; así pues los tableros que le formen no deben ser de dimensiones exageradas, tanto para su fácil trasporte como para que su colocacion sea lo más cómoda posible.

Parquets ó entramados de mosáico

Todo espacio cerrado se compone, como

ya se sabe, de superficies verticales y horizontales; las verticales son las paredes y las horizontales son los techos y los suelos, los cuales se adornan con más ó menos riqueza, siendo susceptibles de motivos de ornamentacion distintos, por ser distinta tambien su manera de ser y mision que deben desempeñar. Así, para los revestimientos verticales y para las superficies horizontales superiores, ó techos, el arte puede desarrollar, con la mayor latitud y sin traba alguna, el sinnúmnro de motivos que la imaginacion pueda inventar, pudiéndose resolver en ellos los problemas más difíciles de carpinteria, aplicados bajo todas las formas: las superficies lisas, refundidas en los cuadros mayores ó menores que se instalen, los relieves moldurados ó esculturados, las aplicaciones en revoque imitando maderas, los principios colorantes y los dorados y plateados, pueden todos ellos emplearse y combinarles con la mayor fantasia y riqueza de tonos para que ofrezcan un todo rico y armónico y produzcan el efecto propio que se desee. En estas vastas superficies la pintura desempeñará siempre un papel principal, bien sea en adorno como en asuntos históricos, alegóricos ó de capricho; la escultura encontrará sitios apropiados en donde colocarse para dar movimiento á las líneas generales, y en general las telas y papeles contribuirán asimismo á dar este relieve especial en las construcciones modernas que tanto contribuyen á la riqueza y hermosura de las habitaciones.

El revestimiento horizontal inferior ó parquet, como se le acostumbra á llamar, por su misma posicion está sujeto á un decorado especial distinto del de las paredes y techos. A estos últimos se les aplican las molduras, esculturas, ó sean los cuerpos salientes que les dan vida, si así puede decirse; por el contrario, el pavimento debe ofrecer una superficie completamente lisa, sin resalto alguno, es decir, que viene á ser como un tapizado de maderas ensambladas, formando una superficie unida por sobre la cual debe transitarse.

El establecimiento de un parquet no es de lo más fácil que se puede presentar: el problema consiste en cubrir un espacio más ó menos considerable con varias clases de madera de colores distintos y de dureza aproximada, que formen un plano uniforme, consolidado por medio de ensambles y mantenido al tablonado inferior por medio de puntas, consistiendo únicamente el arte en saber variar los dibujos, disponiendo las piezas de modo que las fibras de las maderas se crucen ó corten en sentido contrario.

PARQUET Á LA INGLESA

Esta clase de parquet ó entarimado puede ejecutarse con abeto ó con encina, siendo preferible este último por reunir las cualidades esenciales que requiere toda superficie que esté sujeta á un roce ó frotamiento continuo. Las piezas que se emplean varian entre 8 y 11 centímetros de ancho por 27 á 34 milímetros de grueso, segun la resistencia que se les quiera dar. Estas piezas se ensamblan entre sí á ranura y lengüeta, manteniéndolas con puntas en los dobleros de 6 á 8 centímetros de escuadria, espaciados de 0'50^{m}.

Las piezas deben estar cortadas de modo que las juntas se encuentren en el centro de los dobleros, solapando.

Los parquets ejecutados con un poco de cuidado deben estar contenidos por uno ó varios marcos que se corren á lo largo de las paredes, y de este modo se conserva mejor el sistema dando al propio tiempo mayor solidez.

PARQUET DE PUNTA DE HUNGRIA

Las piezas que se emplean en este sistema tienen, en general, las mismas dimensiones que las del parquet á la ingle-

sa, variando sólo la longitud, la cual se subordina, cuanto se pueda, á las dimensiones de la pieza que se entarima. A pesar de esta prescripcion, y para mayor comodidad en el construir, se ha adoptado una longitud media de un metro. Como en el caso anterior, las piezas se unen longitudinalmente á ranura y lengüeta, clavándose el labio inferior de la ranura, que es más largo que el superior, en los dobleros, coincidiendo la junta en el centro de éste.

Parquet de compartimientos

Este sistema se emplea poco hoy dia, siendo susceptible de combinaciones muy variadas. Su construccion ofrece más resistencia que la anterior.

En los entarimados que se acaban de considerar hay el elemento único que es la tabla; pero en éstos hay dos elementos, la tabla y el marco.

Estos parquets pueden construirse de dos modos: el primero consiste en colocar las piezas paralelas á los muros; y el segundo consiste en colocarlos diagonalmente, siendo este sistema preferido al primero por no presentarse las piezas á hilo con relacion al bastimento, por ofrecer mejor golpe de vista y por no gastarse con tanta prontitud.

Si bien la colocacion de las piezas de este parquet no presenta grandes dificultades, sin embargo exige cierto órden y una disposicion muy particular.

Antes de colocar el parquet se principia por trazar los dos ejes de la pieza, tomando como punto medio el de la chimenea, si la hay, aunque no se encuentre en el centro de la habitacion. Se trazarán luego las dos líneas de eje, en cuyo punto se colocará el primer cuadro, de modo que sus ángulos se encuentran sobre las líneas trazadas, y á continuacion se irán colocando los demás hasta donde se pueda. Si las paredes de los lados de las ventanas no son iguales de modo que éstas no están en el centro, se colocarán los cuadros siempre con relacion al eje de la chimenea, procurando que con ésta coincida un cuadro entero ó medio cuadro.

Los cuadros de parquets se componen de bastimentos y fondos, debiendo tener los primeros de 8 á 10 centímetros de ancho segun la dimension de los compartimientos. El ensamble es á caja y espiga; con relacion al grueso, deben tener los dos séptimos del bastimento y estar colocados en mitad de la madera para que tengan mayor solidez y para que el labio superior tenga grueso suficiente. Los labios de las ranuras del marco deben tener el mayor grueso posible, y las ranuras poco profundas para no debilitar los labios. Los cuadros ensamblan entre sí á ranura y lengüeta.

Si los cuadros constan de varias piezas pequeñas formando mosaico, ya no es posible hacerles descansar en dobleros, como se acostumbra en los parquets ordinarios, en cuyo caso se establecen sobre otro tablado comun.

Lámina 12.

Los cuatro dibujos variados que se presentan en esta lámina son otros tantos entramados de mosaico propios para salones, despachos, comedores y otras piezas principales de las habitaciones, llenando cumplidamente las condiciones á que deben obedecer esta clase de trabajos, como son, no presentar grandes efectos oscuros y ofrecer formas esclusivamente rectilíneas, las cuales se prestan á la solidez necesaria á todo entarimado y son de más fácil ejecucion.

Estos cuadros tienen de 0'50 á 0'60^{m} de lado por 27 milímetros de grueso, fijándose por medio de puntas de París ocultas en los dobleros colocados segun los ejes de cada dibujo. Así, para los modelos de la derecha los dobleros se colocarán dia-

gonalmente los unos y verticalmente los otros, es decir, que formarán ángulos de 60 grados. Para los dos modelos de la izquierda, los dobleros se colocarán diagonalmente en ambos sentidos, de modo que formarán ángulos rectos..

Como ya se ha dicho antes, la colocacion de los mosaicos se hace del mismo modo que para los ordinarios, salvo la disposicion de los dobleros, que se modifica segun la disposicion de cada dibujo.

El precio de coste de estas partes de mosaico es, como se comprende fácilmente, muy variable, modificándose sensiblemente con relacion á la composicion más ó menos complicada del dibujo, y segun la naturaleza de las maderas que los constituyen.

La representacion de las maderas por los varios tonos del dibujo es: arce la parte blanca, encina el claro, nogal el más oscuro y ébano el negro.

El dibujo primero formando un enrejado es de encina y nogal con cruces rectas en cada cuadro; resulta á trece pesetas el metro superficial y la cenefa á igual precio el metro lineal.

El segundo dibujo, compuesto de cuadrados entrelazados, resulta á 17 pesetas. La cenefa, á 11 pesetas el metro lineal.

El tercer dibujo, figurando un entrelazado diagonal, de encina y nogal, resulta á 12 pesetas y 10 pesetas de cenefa.

El cuarto dibujo, ó sea entrelazados de exágonos, vale 23 pesetas el metro superficial y 12 pesetas el metro lineal de cenefa.

En estos precios no está comprendida la colocacion ni los dobleros, refiriéndose simplemente á los cuadros de mosaico.

Lámina 11.

Esta lámina representa otros cuatro modelos de entramados de mosaico en los cuales se han combinado varias clases de maderas de colores distintos, formando dibujos más ó menos caprichosos y complicados segun la importancia que se desee darles.

Su construccion es la misma que la ya explicada para los demás tipos, variando únicamente la colocacion de los dobleros que, como ya se ha dicho, depende del entramado de los cuadros.

CAPÍTULO LXI

LAS MOLDURAS

Si bien en general son los arquitectos los encargados de dar los perfiles y detalles que constituyen una obra cualquiera de construccion, no obstante no es menos indispensable para el que deba ejecutarla que conozca perfectamente el trabajo que deba realizar, resultando de ello una garantia de la buena ejecucion. Así pues, el operario que mejor conozca los rudimentos del arte, producirá infinitamente mejor que el que los ignore ó los conozca superficialmente, ó que se haya limitado al aprendizaje, por lo general incompleto, que se practica hoy dia. Los conocimientos del arte que se practique, siempre dan sus resultados; y el que posea más producirá mejor y con mayor rapidez, al paso que el que descuide ó prescinda del estudio del arte, á pesar de cuantos esfuerzos haga, sólo alcanzará un mediano resultado.

Estas ligeras nociones que se darán tienen simplemente por objeto iniciar al constructor en el conocimiento de las molduras y detalles principales de las mismas

La moldura es uno de los elementos más importantes del arte de construir; y bien se la considere bajo un punto de vista de utilidad ó que se la aplique al decorado de una obra, siempre es un objeto de la mayor importancía.

Las molduras, son una reunion de formas salientes y huecas de todas hechuras, de una variedad ilimitada, que se labran en las maderas y que se destinan al decorado de los trabajos de carpinteria. Se las ejecuta por medio de guillames ó cepillos especiales cuyas hojas afectan la forma exacta del perfil que se quiera producir.

Si, pues, por molduras se entienden formas salientes, se ve claramente que este principio simple puede desarrollarse al infinito, guiado siempre por el tipo general de la construccion y de la imaginacion del artista, la cual no tiene límites.

Así, como en todas las cosas, la idea

primera siempre ha sido útil y de aplicacion, la forma saliente cuadrada que formaba el borde de las cubiertas dió lugar al bisel, que, moldurado segun la observacion y el gusto, produjo el cornisamento; cuyo primer principio, establecido ya, engendró todos los demás que rápidamente se desarrollaron para llegar al perfeccionamiento.

Así pues, por su importancia, por su carácter y por la relacion íntima que la moldura debe guardar con la obra, se la debe considear como uno de los motivos que con más utilidad concurren al decorado y belleza de la construccion á donde se aplique.

Elementos de las molduras

Se distinguen dos clases de molduras: las rectas y las curvas.

Las rectas son: los plintos, las cejas ó aleros y los filetes, cuyas partes se complican y combinan con relacion á la composicion.

En cuanto á las molduras circulares ó curvas, son en mayor número, y sus elementos consisten en escocias, baquetillas y otras formas fáciles de trazar geométricamente.

Si bien las molduras que se emplean en carpinteria son las mismas que se emplean en arquitectura, no dejan, sin embargo, de diferenciarse algo, tanto por su ejecucion como por la materia distinta que se emplea.

En general, como la madera que se utiliza en carpinteria tiene poco espesor, las molduras que se apliquen deben estar proporcionadas á las escuadrias de las maderas. Por término medio y como punto de partida, su relacion con la madera debe ser del tercio ó de la mitad. Los vuelos moldurados que pasen de esta proporcion sólo se emplean en las combinaciones de los cornisamentos y trabajos escepcionales que deban obedecer á condiciones determinadas de utilidad ó de adorno.

Debe tenerse presente que los trabajos que produzca la materia que se emplea deben estar en relacion con ella misma; y siendo la madera una sustancia leñosa, puede dar molduras más finas y delicadas que las obtenidas sobre piedra, mármol ó metal.

Para las obras de carpinteria hay tres perfiles que pueden llamarse genéricos: los perfiles simples cuya moldura no pasa del plano de la madera, es decir, que no forma relieve; los formados por varias molduras, comprendidas en el espesor de la madera, como los anteriores; y por último, los que sobresalen del grueso de la madera.

Los perfiles simples son los que se labran en las aristas de las maderas.

Los formados por varias molduras que sobresalen de la madera se pueden dividir en dos clases: los que se labran en la misma madera y los que se labran aparte, los cuales se ensamblan en el bastimento y en el tablero por medio de ranura y lengüeta.

Los cuadros con arquitrabe son aquellos cuya cara porterior está unida á un bastimento cuya arista lleva molduras.

Secciones rectas y en esviaje

Se entiende por seccion, los diferentes medios de determinar, segun la naturaleza de la composicion, las juntas de ensamble de las piezas de maderas que se cruzan en varias direcciones.

Geométricamente, este problema consiste en encontrar las líneas de contacto y las libres que se interceptan.

Se distinguen varias clases de secciones: la seccion recta que se ejecuta perpendicularmente al hilo de la madera; la de inglete, á 45 grados, que es, por consiguiente, la diagonal de un cuadrado. Si el inglete forma ángulo agudo ú obtuso, la

junta de seccion será la diagonal de un rombo.

Trazado de las molduras

La primera condicion á que debe atenderse al trazar una moldura, es conocer si la pintura que debe dársele será al óleo ó al temple, si se la dorará ó se le dará simplemente una mano de aceite ó barniz, puesto que cada uno de estos modos de tratarla exigirá un perfil distinto.

Si simplemente se la barniza, se la podrá construir tal como se desee; mas si se la debe pintar ó dorar, las baquetillas deberán ser más pequeñas y los refundidos más pronunciados; puesto que de no ser así, una vez pintadas con dos ó más capas de color, perderian la forma, por aumentar la superficie de las partes salientes y disminuir la de las partes huecas.

Debe cuidarse igualmente, si las molduras llevan adornos, de reforzar todas sus partes para que la ornamentacion ofrezca buen relieve, y aparente ser como aplicada y no comprendida en la masa, con detrimento del moldurado.

Desgraciadamente, en general, no se atiende mucho á estos detalles que, á primera vista, parecen insignificantes, y que sin embargo influyen mucho en el buen resultado que el verdadero artista debe procurar obtener.

Ya se ha dicho anteriormente que el moldurado en madera debe ser distinto del labrado en piedra ó metal, por ser aquél un material más ligero, á lo cual debe añadirse que, teniendo la madera un color más oscuro que la piedra, si se quiere obtener buenos efectos decorativos, es indispensable moldurarla con mucha más libertad, buscando los efectos de luz y de sombra, juntamente con los reflejos más variables y más intensos.

Casi todas las obras antiguas de carpinteria dan ejemplos de lo que se acaba de decir. De la época de Luis XIV y particularmente de Luis XV se conservan perfiles de todas formas aplicados á objetos distintos que ofrecen, para el interior de las habitaciones en donde la luz no es tan intensa como en el exterior, efectos brillantes y ricos que con dificultad se han interpretado mejor en épocas posteriores. Lo mismo puede decirse de los perfiles de los muebles de las épocas de Luis XIII, Enrique II, Enrique III y Enrique IV, los cuales por su finura debian ser muy difíciles de aplicar.

Los distintos grados de riqueza de las molduras deben darse á conocer á la simple vista hasta en la parte más insignificante del decorado de una habitacion cualquiera; sin embargo, atendida la gran diversidad de obras y el mayor ó menor grado de riqueza que se debe dar á los perfiles con relacion á los diferentes tipos que se traten, es imposible poder determinar con precision la forma y disposicion de los mismos; pero, en general, debe cuidarse que armonicen con el decorado total de la obra á que se destinen, del mismo modo que ésta debe obedecer á la disposicion total de edificio.

DECORADO Y CONSTRUCCION DE LOS ÁTICOS DE LAS PUERTAS

La parte superior de las puertas ó áticos se construye de dos modos, á saber: los construidos únicamente de madera con cornisas y adornos de escultura, y los compuestos de un bastidor ó marco dispuesto para recibir un cuadro y las molduras que les adornen.

Los primeros estaban muy en uso antiguamente, en cuya época se tenia la costumbre de colocar sobre las jambas y dinteles un moldurado cóncavo en forma de cartela, que sostenia una cornisa y encima de ésta un medallon esculturado.

Mas, desde que se admitió el colocar

cuadros sobre las puertas, se han abandonado totalmente los áticos antes citados, los cuales sólo se usan en los grandes salones en donde los techos acostumbran á ser muy altos. Lo único que quizás pueda criticarse á estos áticos es la forma pesada que tienen, recargada muchas veces con formas arquitectónicas; no obstante mucho puede contribuir el talento del artista para que resulten ligeros y elegantes.

Los áticos dispuestos para recibir cuadros se componen de un bastidor rectangular ó curvo de igual forma que las molduras que se colocan encima de él, labrándose á su alrededor una ranura para recibir los cuadros, como se practica sobre las chimeneas de las habitaciones.

Hay casos en que se prescinde de la ranura; entonces las orladuras se corresponden y fijan en el bastidor por medio de tornillos; pero es preferible entregarlas en el espesor de la madera, consistiendo toda la dificultad en tener que introducir los cuadros por la parte posterior reteniéndoles con clavijas, si bien con ello resulta con mucha mayor solidez la obra.

Los áticos empleados en esta forma se ensamblan á inglete practicando una ranura en la parte interior al nivel de este plano, lo cual ofrece una gran ventaja, por poderse colocar en ellos la moldura que se juzgue conveniente, lo cual no puede practicarse por el primer sistema sin grandes dificultades.

En cuanto á la forma y los contornos, si bien se ha variado mucho, debe evitarse siempre que el perfil esté muy trabajado, y no recargarle con un esceso de ornamentacion, por ser de muy mal gusto.

Luego, los contornos deben tener una forma sencilla y regular, de modo que tanto las molduras como los adornos se aproximen á la forma cuadrada, para que los planos sean á poca diferencia iguales.

En general los áticos entran á ranura y lengüeta en los dinteles de las puertas; sin embargo, siempre que los cuadros se doblen por la parte posterior, deben reemplazarse las lengüetas de la parte inferior por una ranura á un lado y una entalladura en el otro.

Con relacion á los marcos de los cuadros, se trabajan del mismo modo que los de las chimeneas, aplicándoles orladuras cuyo perfil armonice con el resto del decorado.

MODO DE PREPARAR LA MADERA PARA RECIBIR LOS ADORNOS Y ESCULTURAS

Cuando la carpinteria es susceptible de recibir esculturas, se principia por señalar los dibujos de tamaño natural, bien en el mismo emplazamiento ó en tablas de dimensiones apropiadas. Una vez hecho esto, se calcan estos dibujos en papel, para ejecutarles en madera.

Hay dos maneras de proceder: ó se les labra en el macizo, ó aisladamente para aplicarles. Si bien en el primer caso los adornos resultan mas sólidos, en cambio todas las partes planas de los huecos no salen con aquella limpieza resultante de un esculturado que se aplica sobre una superficie aplanada aisladamente. Los fondos nunca resultan unidos ni las molduras bien iguales, no precisamente por la dificultad que ofrezcan trabajos de esta índole, ni por la falta de habilidad de los operarios, sino porque, en general, los escultores prestan poca atencion á ello por considerarlo secundario, atendiendo preferentemente á la parte esculturada. El trabajo de las molduras es sin embargo muy importante, puesto que su buena ejecucion, los perfiles, el paralelismo y la pureza de los fondos son siempre una garantia de la bondad y golpe de vista del trabajo.

Un trabajo de escultura, sea el que fue-

re, tendrá tanto más mérito cuanto más imite al natural y destaque de la masa.

Si bien la ornamentacion aplicada produce mejor efecto que la maciza, sin embargo, antes de emplear uno cualquiera de estos dos sistemas es preciso fijarse en la forma y naturaleza de los adornos, puesto que los que deban tener un grueso considerable, como las guirnaldas, los trofeos, etc., producen siempre mejor efecto sin estar labrados en la masa, sobre todo en las grandes obras, en donde se presentan mucho más naturales dispuestos de este modo; mas, cuando se trata de trabajos de reducidas dimensiones en los cuales los adornos ocupan poco espacio, será preferible labrarlos en la misma madera de la obra ó en maderas que se encolan en la primera.

Al preparar los carpinteros la madera para que los escultores la labren, deben contornear con la mayor exactitud los travesaños, tal como están dibujados en el plano y enrasarlos luego con los tableros para que los adornos de los primeros se extiendan sobre éstos; pero en el sitio de los adornos no se les debe tampoco contornear tan exactamente, por cuanto esto dificultaria la labra; basta trabajar las molduras á una distancia razonable de su adorno, marcando el ancho de aquéllas é indicar los varios fondos que deba haber, para que el escultor pueda dar á los adornos todo el relieve necesario, sin que pueda exponerse á labrarles ó demasiado salientes ó demasiado refundidos.

En cuanto al contorno del bastimento, es muy conveniente dar el fondo que debe tener, puesto que entonces basta practicar una entalladura á su alrededor á igual profundidad que el campo ó fondo; mas si éste debe determinarse con la labra, resulta mucho más díficil; con todo, puede ejecutarse fácilmente por medio de una herramienta especial para el caso, que no es más que un pedazo de madera con un agujero algo inclinado en su centro, en el cual se coloca un hierro fijo por medio de una cuña, el cual se coloca á la altura que se desea segun la profundidad que convenga; pero, para manejar este instrumento con más facilidad, es bueno desbastar antes la madera con el formon ó el escoplo.

Para que los fondos no resulten más profundos de lo que se tenga proyectado, se emplea un pedazo de madera que lleva una entalladura de la profundidad debida, con la cual de cuando en cuando se comprueba la labra.

Si los rebajos que se practiquen son muy grandes, basta rebajar el contorno y hacer algunos toques longitudinales y transversales con este instrumento, y el resto se trabaja con el escoplo ó el cepillo.

Para los adornos de los ángulos, se les encola en el fondo de la obra antes de esculturarles ó despues de esculturados, en cuyo último caso se les encola y sujeta por detrás con tornillos; y si éstos se aplican por delante, se hará únicamente en los sitios en que no puedan ser aparentes.

Cuando los adornos se encolan antes de labrarles, se ejecuta esto como se acostumbra generalmente, y se cierran las juntas con el barrilete, á lo menos cuanto se pueda; ó bien cuando éstas no alcanzan, se las fija por medio de puntas cuyas cabezas no apoyan directamente en la madera sino en unas hojas taladradas por dónde pasan las puntas, de modo que cuando las juntas están secas, este pequeño grueso de madera sirve de asidero para sacar las puntas.

Sea que los adornos angulares se encolen antes ó despues de esculturados, es siempre conveniente contornearles en las molduras en donde se apliquen, para que al labrarlas los escultores no resulten interrumpidas.

Este modo de preparar la madera tiene la ventaja de que tanto los fondos como las molduras resultan más bien hechos, y

no peligra que estos adornos, que naturalmente deben aparentar estar aplicados á la obra, se presenten como formando parte de ella por estar tomados en la masa.

Cuando las molduras están completamente cubiertas de adornos, como sucede en los marcos de cuadros ó espejos, los cortes deben ejecutarse en las partes curvas más apropiadas, ó bien hacer de modo que queden ocultos por alguna hoja de adorno. En las juntas deben ponerse clavijas para retener las piezas que ensamblan, cuidando al propio tiempo de señalar con el gramil, tanto por encima como por debajo, el interior y el exterior de cada moldura, así como tambien las distintas partes que las componen, para que los escultores tengan una guia segura al labrar la madera. Si los travesaños son curvos y muy caidos, se las encola diagonalmente, cortándoles en esviaje, para que encontrándose la junta en el centro, puedan quedar ocultas por la masa que se encola generalmente encima.

Perfeccionamientos en la construccion de sillas, sillones, divanes, etc.

Este perfeccionamiento, debido á monsieur Belloir, consiste simplemente en que tanto los respaldos como los asientos de estos muebles en vez de ser fijos sean móviles.

El esqueleto ó armazon que forma el respaldo del sillon gira por medio de sus brazos, sobre clavijas y platinas fijas en un bastimento. En la parte inferior del centro del respaldo se encuentra un travesaño pequeño formando resalto, el cual descansa directamente en un resorte ó muelle de cauchú bien tendido por medio de dos listoncillos de madera retenidos en el bastimento fijo.

Al apoyar naturalmente la espalda, todo el respaldo oscila sobre las clavijas, y la parte saliente del travesaño apoya entonces sobre el cauchú.

Para evitar que el muelle pueda repeler con brusquedad el respaldo para que adquiera su posicion normal, se sujeta el travesaño en el bastidor fijo por medio de dos cintas de tela, que al inclinarse el respaldo se aflojan, y detienen el mecanismo al volver éste en su posicion primitiva obligado por el resorte.

En cuanto á la parte móvil del asiento, se obtiene por medio de tirantes de cauchú sujetos en el bastimento y colocados debajo. Por poco que se apoye ceden los resortes, no volviendo á tomar su posicion normal más que cuando cesa la presion.

El guarnecido del frente del sillon forma, en el punto de union del asiento móvil y del bastimento fijo, una especie de bordillo para impedir que puedan cogerse los vestidos cuando el asiento toma su posicion natural.

En vez del resorte de cauchú puede emplearse otro cilíndrico de metal, fijo en el bastimento.

En el asiento móvil se coloca una escuadra de hierro, de modo que pueda ejercer presion en el resorte al bajar éste. En cuanto á las cintas de tela, sirven con el mismo objeto que para la disposicion anterior.

Tambien podrian reemplazarse los resortes cilíndricos por una série de rodelas de cauchú colocadas en un tubo, lo cual daria los mismos resultados; del mismo modo las cintas del asiento móvil podrian sustituirse por espigas ó cilindros de cauchú cubiertos con tela de algodon, lana, etc.

Este mecanismo puede aplicarse á los bastimentos acolchados ó rellenos, como son los sofaes, divanes, otomanas, etc. Para los sillones, por ejemplo, seria conveniente dejar un brazo fijo que marcaria siempre la separacion, en cuyo caso cada parte comprendida entre ésta podria ser móvil, así como tambien el asiento.

DE LAS MADERAS

Su eleccion

Las cualidades que se deben exigir á las maderas, varia segun el uso que deba hacerse de ellas. Para los trabajos de carpinteria de armar ó de fuera, su eleccion depende del carácter permanente ó provisional de las construcciones. A veces se eligen las más duraderas, las más fuertes y las más elásticas; otras veces se exige tambien que las maderas puedan resistir durante mucho tiempo á las alteraciones de sequedad ó humedad, y hasta á la destruccion que opera el agua en ellas; en otros casos, el constructor se contenta con las clases más comunes.

Para los trabajos de carpinteria de taller, por el contrario, se eligen las maderas ligeras, fáciles de trabajar con el cepillo, que puedan recibir cierto pulimento, y resistan igualmente las alteraciones atmosféricas para que no se tuerzan ni abarquillen.

Para las obras de ebanisteria, de torno, etc., se requieren maderas tenaces, susceptibles de recibir la accion de las herramientas en todos sentidos sin que se abran; por consiguiente, su tejido debe ser fino y compacto, capaz de recibir un gran pulimento.

En general, tanto las maderas empleadas por la carpinteria de armar como por la carpinteria de taller, deben estar perfectamente secas, para evitar tanto como se pueda las deformaciones y otras causas muy perjudiciales.

Es inútil observar que no todas las maderas de una misma especie gozan siempre de las mismas cualidades. Su naturaleza, el estar espuestas al sol, el clima, su cultivo y ciertas enfermedades, son otras tantas causas que ejercen una gran influencia sobre el desarrollo de los árboles, y modifican, además, las cualidades específicas y primordiales de las maderas.

La mayor parte de los árboles que crecen en terrenos pantanosos dan una madera menos densa, menos tenaz, de tejido más flojo y más graso que la proveniente de los árboles de la misma especie que crecen en terrenos secos y suficientemente despejados.

En una palabra, las maderas que crecen en buenos terrenos y en buenas condiciones tienen, en general, las fibras elásticas, resistentes y compactas, de modo que la viruta no se rompe al doblarla, y si lo hace, al separarse las dos partes forma filamentos.

Al examinar las maderas de buena calidad con un lente á mucha luz, se nota una especie de brillo en sus poros, mientras que la madera grasa se presenta muy enjuta, de modo que el gran tamaño de sus poros y su aridez la hace muy absorbente y fácil de penetrar por los líquidos.

La madera de un árbol se considera tambien de buena calidad cuando la corteza se presenta muy unida y la albura tiene poco grueso, lo cual demuestra que, debido á la bondad del suelo, se ha abreviado el tiempo de la transformacion de la albura en madera perfecta.

El crecimiento de los árboles en terrenos pedregosos les da pocas ramas, una copa poco redondeada, ramas largas, hojas verdes, vivas y numerosas, corteza homogénea en estructura y color, y muy fina con relacion á la especie. Tales son los indicios de buena calidad.

Maderas que deben rehusarse

No todas las enfermedades de los árboles motivan el que deban rehusarse las maderas provenientes de su corta, puesto que, como en los vegetales, estas enfer-

medades se les pueden curar completamente suprimiendo la causa de la enfermedad, ó bien impedir sus progresos localizando el mal.

Sin embargo, entre el sinnúmero de enfermedades que padecen los árboles, las hay cuyos efectos son tan mortales, que obligan á desechar completamente sus maderas para los trabajos de carpinteria.

La *albura* no es más que madera imperfecta, la cual se presenta muy esponjosa y retiene más la humedad que la madera perfecta, estando sujeta á pudrirse con rapidez, comunicándolo á las piezas que se encuentran en contacto con ella; por lo tanto, no se la debe emplear en carpinteria, siendo fácil de reconocer en las maderas duras como la encina y el olmo; es apenas visible en las maderas exóticas más duras, y no se la distingue en las maderas blancas, tales como el álamo, el sauce y el tilo.

La madera *quemada* debe rehusarse igualmente, no tan sólo por la poca resistencia y duracion que ofrece su empleo, sí que tambien por comunicar este defecto á las piezas que le están en contacto, puesto que, á pesar de quitarle la parte quemada, en la madera que queda continúa propagándose el mal.

Las maderas atacadas de *doble albura* no son buenas tampoco en carpinteria, puesto que debiéndoselas quitar esta capa interpuesta, junto con la albura verdadera, queda muy poco material para la labra.

Las maderas *abiertas* ó *grietadas* pueden utilizarse si las grietas no son muy profundas; mas si fuesen tales que las aberturas estuviesen blandas, esto daria lugar á suponer que el árbol fuese muy viejo. Conviene, pues, examinarlo con atencion al hacer la compra, y en caso de duda, desecharlo.

La madera *quebrada* es viciosa, por cuanto la adhesion lateral de las fibras se encuentra alterada y á más destruida, lo cual disminuye su fuerza. La rotura de estas maderas se verifica perpendicularmente á su longitud.

La madera *nudosa* no debe admitirse, á menos que haya partes aprovechables.

La desunion de las fibras de la madera *hendida* tiende á dividir una pieza de madera en varias partes, las cuales, reunidas, no alcanzarán nunca el mismo grado de fuerza que la pieza si fuese entera; no obstante, no es éste uno de los defectos que obliguen á rehusar una pieza de madera, puesto que para el cálculo basta utilizar su resistencia total, disminuida de la parte correspondiente á las varias piezas de que consta.

Como las fibras de la madera *torcida* ó *roscada* no se encuentran en línea recta, se las puede utilizar cortándolas por los planos de escuadria y no á hilo, con cuya condicion obedecerán á la verdadera solidez de ensamble.

Las maderas *rústicas* y á *contrapelo* tienen todas las fibras onduladas, torcidas, trenzadas y anudadas unas con otras, por cuyo motivo son muy difíciles de trabajar; por lo tanto, se las debe rehusar, teniendo, además, el inconveniente de ser muy pesadas. A esta clase de madera se la emplea únicamente para ciertas piezas de las máquinas ó para las construcciones hidráulicas.

Las maderas *nudosas* son viciosas tambien, atendido que los nudos interrumpen la direccion general de las fibras, de lo cual depende la resistencia de la madera.

La madera *enfermiza* no puede tener ni la fuerza ni la duracion de la madera sana, de modo que debe conocerse si el árbol ha sido cortado bien sano.

La madera *pasada* es peor aun que la madera enfermiza, resultando menos tenaz y por lo mismo no sirve para los ensambles. Al morir un árbol conserva siempre cierto grado de tenacidad despues de cortado, pero al cabo de poco tiempo va perdiendo de tal modo, que se

convierte en polvo; así pues, debe tenerse mucho cuidado en emplearle.

Vicios y defectos de las maderas

Las enfermedades de los árboles pueden depender de causas fortuitas ó causas naturales dependientes del estado de la atmósfera ó del régimen habitual de la vegetacion. Los árboles pueden sufrir por causa de los golpes, por los animales que los roen, por el líber, por la albura; formándose entonces una herida ó llaga, y tambien pueden recibir daño por efecto del viento ó del rayo, con lo cual se curvan ó hienden.

Además de estos accidentes externos, los árboles sufren tambien ciertas enfermedades que alteran más ó menos la sustancia de la madera, y que por desgracia son muy numerosas. Estas enfermedades se deben muchas veces al esceso de savia que circula por algunas partes en detrimento de otras, ó por la presencia de insectos ó de plantas parásitas que determinan desórdenes orgánicos más ó menos graves. Algunas veces estas enfermedades resultan de producirse en algunos puntos del árbol una madera más compacta, más nutrida que de ordinario y cuyo tejido se presenta más venoso y accidentado; ó tambien, que es lo mas comun, se forma una supuracion de líquidos que se corrompen fácilmente comunicando esta descomposicion á las partes leñosas en donde se extienden.

Las enfermedades de los árboles y por consiguiente los vicios y defectos de las maderas que son consecuencia de aquéllas, pueden disponerse en varias clases:

1.ª Aquellas de las cuales resulta una descomposicion más ó menos laboriosa de los tejidos leñosos, lo cual hace la madera inservible para todos los usos de la carpinteria. En esta categoria se colocan la *podredumbre*, el *calentamiento*, la *carie* y la *plétora vegetal*.

2.ª Las ocasionadas por los agent atmosféricos, tales como el *bochorno*, sequedad, las *heladas*, el *viento*, etc. E esta clase se colocan: las grietas, la dobl albura, las venteaduras simples embut das, la torsion y otras.

3.ª Las que resultan de las picadura de los insectos, de las plantas parásitas, d las heridas hechas por los animales, etc. A estos accidentes se deben la exfoliacion, lo tumores, las úlceras, los accesos, el mus go, el empeine, los hongos, el moho, etc

4.ª Las enfermedades que afectan par ticularmente á las hojas y ocasionan la muerte de los árboles, cuando son muy duraderas, tales como la defoliacion, la quemadura, la tiricia, la serosidad, etc.

5.ª Las enfermedades que producen los nudos, la desigualdad en la reparticion de las fibras y otras.

Descomposicion del tejido leñoso

Podredumbre.—Esta resulta de las alternativas de sequedad y humedad, y es el último grado de la descomposicion del leñoso, que se convierte entonces en una sustancia pulverulenta, parda ó blanca.

Calentamiento.—Este es un principio de podredumbre fácil de reconocer cuando ha alcanzado cierto límite, y se anuncia por la presencia de manchas negras, blancas ó rojas, diseminadas en mayor ó menor cantidad, así como tambien por un hedor particular distinto del de la madera sana.

A la madera calentada se la llama algunas veces madera *piojosa*, madera *roja* ó madera *blanca*, segun el color de las manchas. Esta enfermedad es tanto mas grave cuanto se propaga con la mayor rapidez, no tan sólo en la misma pieza, sí que tambien en las que están en contacto con ella, lo cual se atribuye á la fermentacion de la savia.

Las maderas que se colocan en las obras de fábrica están muy expuestas á esta en-

fermedad, bien sea por haberlas colocado antes de que la savia esté bien seca, ó por haberse reblandecido ésta y fermentado bajo la influencia de la humedad de los materiales de albañilería.

Carie.—La carie no es mas que un calentamiento muy pronunciado, el cual se anuncia generalmente en las maderas de construccion por la vegetacion de ciertos criptógamos, mohos, hongos, etc., que se desarrollan en su superficie.

La *carie seca* es una especie particular de la carie que se reconoce igualmente por la presencia de hongos muy pequeños, debida á la accion de un aire caliente que no se renueva. Las piezas de madera que se emplean en las mínas, están expuestas á esta especie de gangrena que las destruye en muy poco tiempo. Para impedirlo se las humedece de cuando en cuando y se conservan mucho mayor tiempo.

Carcoma.—La carcoma es el resultado del trabajo de las larvas que se introducen en las maderas y la atacan sin alterar su superficie, más que por los agujeros que practican para pasar al interior. La carcoma ó polilla se manifiesta muy particularmente en las maderas muy viejas; sin embargo está favorecida tambien por todo cuanto tienda á alterar la dureza de la superficie de las maderas y ofreza facilidad de colocar sus huevos á los insectos.

Úlcera ó cancer.—Esta enfermedad se atribuye á la savia que se estaciona en abundancia en ciertas partes del árbol, resultando de ello la supuracion; los fluidos se corrompen, así como tambien la madera que se encuentra en contacto con la parte ulcerada, llegando á veces al extremo de invadir todo el árbol, despojarle de su corteza y ocasionarle la muerte. Si la supuracion se verifica al exterior, la abertura por la cual se derrama la savia recibe el nombre de gotera.

Plétora vegetal.—Esta se determina por el esceso de materia nutritiva hácia varias partes del árbol, cuya enfermedad le deforma y produce una madera falta de homogeneidad en todas sus partes; de modo que no se la puede emplear en piezas que deban soportar esfuerzos uniformes, sino en trabajos muy groseros.

MADERAS

Segun las escuadrias, se distinguen las maderas de grande, mediana y pequeña estiva.

La materia leñosa que forma la madera posee una densidad algo mayor á la del agua, como lo prueba si se vierte una cantidad de serrin en el agua, el cual se va luego al fondo. Luego, es pues á causa del aire contenido en los poros de la madera que se disminuye su densidad absoluta, permitiendo que pueda flotar. El siguiente cuadro da la densidad aparente de las principales especies de madera, cuya materia componente no esté desagregada.

	PESOS ESPECÍFICOS kilos.
Encina, la más dura (corazon)	1'17
Encina, la más ligera (seca)	0'85
Castaño	0'80
Haya (densidad muy variable)	0'64-0'84
Ojaranzo	0'70
Abedul (cortado en verano)	0'55
Abedul (cortado en invierno)	0'62
Aliso	0'51
Acacia	0'78
Olmo	0'70
Fresno (densidad muy variable)	0'69 0'78
Mojera blanca	0'75
Serbal	0'64
Arce sicomoro	0'74
Sauce	0'41-0'46
Alamo blanco	0'41
Alamo de Italia	0'33
Abeto (densidad muy variable)	0'54-0'63
Plátano	0'48-0'65
Alerce	0'63
Pino silvestre (densidad muy variable)	0'66-0'55
Id. id. (peso medio)	0'78
Id. id. marítimo	0'68

Este cuadro sólo indica los términos medios ó los extremos. En efecto, la den-

sidad de una misma especie varia segun el clima, la edad, el cuidado que reciban los bosques y hasta la misma parte del árbol que se considere, siendo mayor en el Mediodía que en el Norte, en las partes meridionales que en las septentrionales, en los terrenos secos que en los fangosos, en los bosques convenientemente cuidados que en los abandonados á sí mismos, en el corazon y en la parte inferior del árbol que en la altura y las ramas.

Ya se ha dicho que la densidad de las maderas es mayor cuando provienen de terrenos secos, desde luego sus propiedades mecánicas son tambien mayores, resultando más resistentes y de mayor duracion, llamándoselas entonces maderas *nervudas*.

Las maderas *huecas* ó *grasas*, esto es, las provenientes de terrenos húmedos, llamadas así á causa del sinnúmero de vasos ó cavidades que contienen, son sin embargo superiores á las precedentes en dòs conceptos: no se tuercen y se dejan trabajar fácilmente, gracias á su tejido flojo.

La calidad de las maderas puede conocerse tambien por el grueso de sus capas anuales; cuanto más gruesas sean más aumentan sus propiedades mecánicas, debido á que contienen más fibras proporcionalmente á las capas delgadas.

Segun los experimentos de M. Chevandier, la acacia es la madera que posee las propiedades mecánicas más notables, siguiendo luego el abeto, cuya elasticidad y cohesion, en sentido radial y tangencialmente á sus radios, la hace impropia para resistir á la compresion ó desbaste transversal.

La encina, que no ocupa el primer lugar con relacion á las propiedades mecánicas, las posee sin embargo todas y á un grado muy alto, lo cual hace tan frecuente su empleo. El ojaranzo, el haya y el abedul se distinguen por su elasticidad y su cohesion en sentido transversal.

Como á complemento de lo que se acaba de exponer será útil dar algunos desarrollos relativos á la cubicacion de las maderas, atendido el objeto que bajo el punto de vista práctico tiene de determinar el volúmen de madera utilizable, el cual difiere del volúmen real, á causa de la corteza, de la albura, de la irregularidad de las piezas, de sus defectos, etc.

Si se desea medir de una manera bastante exacta el volúmen real de un tronco en bruto, se le descompondrá en elementos de un metro de longuitud calculando por volúmenes separados y considerando cada uno de ellos como un cilindro que tenga por diámetro el diámetro medio. Este procedimiento, que en ciertos casos se aplica por los proveedores de madera para arder, daria un volúmen exagerado para la madera de construccion, y entonces se considera el tronco como un cono limitado por dos secciones del árbol, procediéndose de este modo:

Se miden con una cinta las circunferencias de los extremos, formándose la promedia entre ambas, luego se multiplica por la longitud de la pieza la superficie del círculo correspondiente á esta circunferencia. Tambien puede tomarse el cuarto de esta circunferencia media, multiplicar este cuarto por sí mismo y luego por la longitud del tronco, lo cual da sensiblemente el volúmen bruto de la pieza escuadreada que resultará. A este método se le llama cubicacion al cuarto sin reduccion. En fin, restando $^1/_{12}$, $^1/_6$, $^1/_5$ de esta circunferencia media, tomando el cuarto de esta resta y multiplicando este cuarto por sí mismo y luego por la longitud, se obtiene el doceavo, el sexto ó el quinto del volúmen reducido, que representa aproximadamente el volumen de la pieza escuadreada sin albura.

La cubicacion de las maderas escuadreadas es más delicada, por cuanto esta escuadria no se ejecuta generalmente á

arista viva. Si la pieza se destina para servir de viga ó vigueta ó de cualquier otro elemento de construccion, no se atiende entonces á las empulgaduras y desigualdades en las dimensiones de los paramentos, de modo que el cubo comercial es el cubo resultante de las mayores dimensiones de la pieza; si bien es éste el sistema admitido, con todo sólo deben entregar las maderas por escuadrias múltiples de o'o3^{m} y por longitudes múltiples de o'25^{m}, no debiendo contarse todo cuanto exceda de estas dimensiones, lo cual queda á beneficio del comprador. A este procedimiento en París se le llama generalmente de piés y pulgadas llenas ó completas.

En otros puntos se practica la cubicacion llamada de cinta, que consiste en pasar ésta al rededor de la pieza, tomando por escuadria el menor múltiplo de o'o3^{m} ó de o'o2^{m} inmediatamente inferior al cuarto de este contorno, con cuyo procedimiento se tienen muy en cuenta las desigualdades de la madera.

Se llaman maderas del Norte (encinas, pinos y abetos) á las provenientes del Báltico, de Noruega y del mar Blanco, cuyas dos últimas clases se distinguen falsamente con el nombre comun de abeto.

Sin embargo, en el comercio, se establece cierta diferencia entre las maderas de pino y de abeto. A las primeras se las llama abetos rojos ó maderas rojas, y á las segundas, abetos blancos ó maderas blancas.

Las encinas noruegas no se exportan á causa de su poco grueso, y las clases que dominan son el abeto y en particular el pino silvestre.

En Suecia, en donde el clima es más árido que en Noruega, son muy raros el haya y las encinas, encontrándose muy bien allí el abeto y el pino silvestre convenientemente escuadreados para vigas, viguetas, tablas ordinarias, tablas de parquet, tablas de friso, etc.

Estas maderas son muy homogéneas y de fibras muy finas.

En Rusia se encuentran tambien maderas de igual clase y cualidades que las de Suecia, exportando al propio tiempo encinas de Curlandia, que son consideradas como las mejores.

En las costas del Mediterráneo no es fácil encontrar clases tan ricas ni tan útiles para la construccion como las antes expresadas.

Sin embargo, en Córcega se exportan los pinos Laricio, de muy buenas dimensiones, resistentes y ricos en resina, pero muy cargados de albura. Los puertos de Italia, situados entre Liorna y Nápoles, exportan encinas muy nervudas de escelente calidad, así como tambien los puertos del antiguo reino de Nápoles y de Romaña.

Trieste es uno de los mercados que exportan encinas de Styria, de Istria y del valle del Danubio, cuyas maderas alcanzan dimensiones extraordinarias; pero, como ya se ha dicho antes, son maderas huecas, de poros muy abiertos, propensas á hendirse al secar.

Del Canadá el producto que con mayor abundancia llega á Europa es el *pinus strabus*. Los Estados-Unidos exportan el *pinus mites*, llamado *yelow pine*, en el pais. Las maderas provenientes de esta comarca se asemejan mucho como color á los pinos de los Pirineos y de los Alpes meridionales, y como ellos, pierden su resina en muy poco tiempo, volviéndose muy quebradizos. Si no se les emplea inmediatamente, se les debe conservar en el agua ó mojarles con mucha frecuencia.

El Canadá da tambien el *pinus rubra*, madera muy oscura, de mejor grano que el pino del Norte, pero muy quebradiza; el *olmo rojo*, perfectamente recto, de muy buenas dimensiones y que se vende á bajo precio; el *olmo blanco*, muy blanco, muy duro, de grano muy fino, completamente distinto del olmo de España; el *cerezo rojo*,

muy semejante á la caoba; el *cerezo blanco*, muy empleado por los carpinteros y ebanistas; el *abeto blanco*, para hacer tablas; la *encina blanca* y la *roja*, que tienen el defecto de ser muy huecas, y otras.

Los Estados-Unidos del Sud producen en cantidades considerables maderas de la especie del *pinus Australis*, mas ó menos resinosas. Elegidas convenientemente, son escelentes materiales de construccion, tanto con relacion á sus dimensiones, como á resistencia, duracion y baratura.

Las costas occidentales de la América del Norte están pobladas de bosques que dan el *red wood (madera roja)*, árboles muy homogéneos, de grandes dimensiones y muy propios para las construcciones; pero resultan muy caros de fletes.

CONSERVACION DE LAS MADERAS

Muchas son las investigaciones hechas por los químicos para poder hallar el medio de conservar indefinidamente las maderas, habiéndose ya encontrado algunos procedimientos que dan buenos resultados, si bien tienen sus inconvenientes, obrando los unos por desecacion ó inmersion, por un simple baño los otros, etc.; de todos modos no deja ello de prestar alguna utilidad, en particular para las maderas destinadas á la construccion.

Las obras colocadas al exterior, como son, enrejados, cajas para flores, kioscos, etc., en fin, todo cuanto sea susceptible de estar en contacto con el aire ó la humedad, necesitan forzosamente que se las prepare para preservarlas de la podredumbre y de la destruccion ocasionada por los insectos y otros agentes extraños, empleando para ello procedimientos fáciles de ejecutar y de bajo precio.

Si bien es fácil proceder con relacion á las piezas pequeñas, no así con las grandes en las cuales no son ya posibles ciertos medios, no tanto por el coste como por la dificultad de ejecucion.

Lo más práctico es dar á la madera una capa de color al óleo, cuyo procedimiento, por su comodidad, no requiere aparatos especiales.

Ultimamente se han hecho varios ensayos con un nuevo producto, el *barniz submarino Guibert*, el cual ha dado escelentes resultados en todos cuantos trabajos se ha aplicado. Por medio de él, se preserva de las causas principales de destruccion á las maderas y metales expuestos al contacto del agua ó introducidos en la tierra, lo cual no deja de ser un gran progreso y la solucion de un gran problema.

Este barniz preserva á todas las maderas, sea cual fuere su clase, de las heridas producidas por los insectos y de las adherencias de los parásitos animales y vegetales.

Los metales, tales como el hierro, el bronce, el cobre y otros, se preservan igualmente de la oxidacion, de la adherencia y del desgaste.

Este barniz se ha aplicado á las traviesas para ferro-carriles construidas de madera blanca, el cual les ha dado una duracion extraordinaria. Puede suponerse pues cuál será la duracion de las maderas duras, impregnadas con este barniz. Además, como estas especies son mucho más caras que la madera blanca, si á ésta se la da la duracion de aquéllas, resultará entonces una economia muy importante en la primera materia, lo cual ofrece una gran ventaja.

En los postes telegráficos es en donde presta tambien grandes utilidades este barniz, puesto que, bien preparados que estén aquellos, ya no hay necesidad de renovarlos en muchísimo tiempo, por no destruirse la parte que hinca en el terreno.

En agricultura presta tambien una grande utilidad este barniz, aplicándole á un sinnúmero de trabajos, tales como: estacados, macetas, piederechos, barreras, cercas, etc.

Entre las varias aplicaciones que se han

hecho, una de ellas se ejecutó en unas jaulas para naranjos, pintadas interiormente con este barniz, las cuales al cabo de cuatro años se encontraban en el mismo estado que el primer dia. Lo mismo sucedió con estacas, tablas y piederechos hincados en terrenos muy húmedos, en los cuales, al cabo de mucho tiempo los que estaban preparados no sufrieron ningun deterioro, no así los no preparados, que resultaron completamente podridos.

Lo mismo sucede en mineria en donde las maderas se deterioran rápidamente por la adherencia de vegetales, preservándoles de ello con el empleo de este barniz.

En los trabajos hidráulicos en donde las maderas permanecen contínuamente en contacto con el agua, basta darles una capa de este barniz para que adquieran una duracion extraordinaria.

Para emplear este barniz, agítasele bien hasta que no quede ninguna parte sólida; tómese medio litro en un vaso y dése con él una mano, tal como se verifica con la pintura al óleo, cuidando de mezclar siempre el líquido cada vez que se moje el pincel. La primera capa se deja por espacio de unas diez horas, á lo menos, para que se seque. Dése una segunda capa y déjese secar por espacio de unas doce horas á lo menos. Dése luego una capa de pintura al minio que se deja secar perfectamente, y por último se dará una tercera capa de barniz que se deja secar por espacio de unas veinte horas.

Además de este barniz ó cola hay otros muchos preparados que dan resultados bastante buenos, y que se destinan á determinados usos. Así, por ejemplo, para obtener una *cola ó engrudo para la madera que debe permanecer en agua*, se mezclará cola ordinaria con aceite viejo de lino. Para aplicarle á la madera se calentará la parte de ésta que deba pegarse, se mojará luego con la cola caliente, dejando luego que se seque bien.

Cola para la conservacion de las maderas blancas.—En la mayoria de los casos y obedeciendo siempre á motivos de economia, se reemplaza á menudo, en particular en las construcciones rurales, la madera de encina por la madera blanca, sea de la especie que sea; y como esta madera no puede ofrecer de ningun modo el grado de resistencia y duracion que aquélla, debe forzosamente dotársela de estos elementos, dándole para ello á las partes que deban quedar expuestas á la accion del aire libre, una primera capa de pintura gris al óleo, y antes de que esté seca, se le da otra capa más ligera de arenilla tamizada; sobre esta segunda capa se da otra igual á la primera, apoyando mucho el pincel, con lo cual la superficie adquiere una dureza tal, que ni el aire, ni el sol, ni el agua pueden ya alterar la madera, cuya duracion es entonces extraordinaria.

Para preservar los postes telegráficos de la podredumbre y hacerles impermeables, se tomarán 50 partes de resina, 40 de creta bien molida, 500 de arena fina blanca, 4 de aceite de lino, 1 de óxido rojo puro y 1 de ácido sulfúrico. Se calienta primeramente la resina, la creta, la arena y el aceite de lino en una caldera de hierro; se añade luego el óxido y, con mucha precaucion, el ácido sulfúrico; se mezcla todo con cuidado y se impregna la madera con esta mezcla caliente por medio de un pincel recio. Si la mezcla no resulta suficientemente fluida, se le añadirá un poco de aceite de lino. Una vez enfriado y seco, resulta un barniz tan duro como la piedra.

Preservacion de las maderas de construccion

Como ya se sabe, las principales causas de la alteracion de las maderas de construccion son: la podredumbre húmeda, la podredumbre seca y los ataques de los insectos.

La podredumbre húmeda se inicia en el exterior y es motivada por los cambios de temperatura y las alternativas de sequedad y humedad. La parte de un pilote entre el nivel de las mayores aguas y el de las bajas, está muy expuesta á atacarse por la podredumbre, y para preservarla bastaria darle un revestimiento hidrófugo que lo pondria al abrigo de esta causa de destruccion.

La podredumbre seca es la que con más interés se ha estudiado en este siglo. Ya en la antigüedad Plinio trató en sus obras de esta enfermedad de las maderas y dice, que su alteracion se debe á los líquidos que contienen, de modo, que para que sean duraderas es indispensable desalojar ante todo á dichos líquidos. El autor recomienda practicar una incision circular en la base del árbol, que alcance hasta el corazon, no debiéndose dejar caer el árbol hasta que todo el líquido esté desalojado. Plinio observa tambien que las materias resinosas y oleaginosas son las que conservan á las maderas; que las esencias de maderas odoríferas se conservan mejor que las otras, y que la duracion de las maderas depende mucho de su contextura más ó menos compacta.

La podredumbre seca principia generalmente en el interior de la madera en donde no puede circular el aire con libertad, y sus efectos son, reducir las fibras á polvo, de modo que el exterior se conserve intacto. Este hecho demuestra que empleando un engrudo impermeable se puede muy bien evitar la podredumbre húmeda, pero no impide de ningun modo la podredumbre seca que, por el contrario, queda favorecida por la supresion completa de la circulacion del aire exterior.

La descripcion más antigua de la podredumbre seca que se conoce es la de Tomas Wade, en 1815. Este autor dice: «Primeramente la madera se hincha, cambia luego de color y desprende gases de un hedor especial de moho. Cuando llega á su último período, la masa se hiende transversalmente, convirtiéndose poco á poco en pulverulenta. En este caso, se observa en las maderas una multitud de especies distintas de hongos.»

En la química de Stœkhart se encuentra otra descripcion que ofrece igualmente algun interés: «Póngase, durante el verano, una pequeña cantidad de serrin de madera humedecido en un vaso cerrado, dejándole allí por espacio de algunos meses, y se verá como va perdiendo gradualmente la madera su cohesion, cambiando poco á poco en una sustancia blanca fácil de desmenuzar. Introduciendo un fósforo encendido en el vaso, se apaga inmediatamente, debido á que el oxígeno se ha transformado en ácido carbónico. El agua desaparece igualmente, combinándose químicamente con el tejido leñoso.»

La causa de la podredumbre seca es la putrefaccion ó fermentacion de los líquidos de la madera; y como las varias partes se comunican entre sí por los vasos y el tejido celular, los estragos se extienden á toda la masa. Si bien la presencia de los hongos no se verifica siempre, pero es la regla general, suponiéndose que estos parásitos se deben á semillas muy tenues que penetran á través de los poros de la corteza durante el crecimiento del árbol, y que son absorbidas por la savia de las hojas, penetrando con mayor facilidad una vez cortado el árbol. La experiencia demuestra que la savia en fermentacion ó en putrefaccion constituye un escelente alimento ó nutricion á los hongos, y bien se presente ó no á la vista, el análisis indica

claramente la accion determinante de la materia soluble: la madera sana contiene de 5 á 7 por 100 de materia soluble, y sólo contiene 1 por 100 despues de alterada; la savia en fermentacion se combina con el agua en la madera, y forma un líquido corrosivo que tiene la propiedad de desagregar y destruir la fibra dura.

Plinio, el autor más antiguo que ha tratado esta materia, recomienda entallar los árboles circularmente, para que la savia pueda derramarse y no hacerles caer hasta que estén muertos, cuya recomendacion arrastra consigo una cuestion muy importante, esto es: ¿cuál es la época mejor para cortar los árboles? Sobre este particular las opiniones están muy divididas; sin embargo son en mayor número los que opinan que esta operacion es conveniente practicarla en la primavera ó el otoño mejor que en el invierno. Si bien Plinio no indica especialmente ninguna época para practicar la incision circular de que habla en su obra, no es posible haya querido recomendar el invierno para la corta, por cuanto de hacer esta operacion en esta época, sólo practicaria la incision aislada, que es lo que hacen los trabajadores rurales cuando quieren dejar podrir los árboles para despejar un bosque.

Pocos son los documentos que existen sobre la duracion comparativa de las maderas cortadas en épocas distintas; sin embargo, los esperimentos de M. Pinchas Rainey pueden suministrar datos muy interesantes sobre este particular.

En 1810, M. Rainey hizo construir un buque, y deseando darle la mayor duracion posible, hizo cortar la madera á fines del mes de diciembre. Las clases que habia elegido eran la encina blanca y el castaño. Al terminarse la construccion principió á faltarle madera, é hizo cortar tres árboles en abril de 1811 y dos encinas blancas más en el mes de mayo, para terminar la popa. Este buque quedó concluido en el mes de junio. Durante la primavera de 1815 hizo reconstruir toda la proa por principiar á podrirse la madera. La madera cortada en la primavera se encontraba en perfecto estado á pesar de estar rodeada de madera podrida.

Estos hechos hicieron suponer á M. Rainey que la teoria admitida por los botánicos, á saber, que la savia se acumula en las raices en invierno, podia ser falsa, y para comprobarlo se resolvió á hacer algunos experimentos sobre el particular. Cortó para ello las mayores ramas de encina en verano, y al quemarlas observó que se formaba como una corona ó anillo húmedo al rededor de la madera en la parte ocupada por la albura, saliendo vapor de ella, no así en la parte del corazon. Repitió el experimento con ramas de encina, tambien cortadas en diciembre, lo cual le dió resultados completamente opuestos, es decir que, el círculo húmedo se formaba en el corazon, no saliendo la menor cantidad de vapor de la albura. De ello dedujo M. Rainey que en vez de localizarse la savia en las raices en invierno, se encuentra en el corazon de la madera, y que, por consiguiente, si se cortan los árboles durante esta estacion, debe alterarse forzosamente la parte más rica del árbol.

Otro experimento que confirma esta teoria es que, si se practican hendiduras en invierno en la caña de azúcar, para que se derrame la savia es indispensable atravesar toda la albura penetrando hasta el corazon del tallo.

El doctor Boucherie, cuyas investigaciones sobre la preservacion de las maderas son muy conocidas, aconseja cortar las maderas en verano ó en otoño, ó en cualquier estacion que no sea el invierno, á causa de que, encontrándose la savia en circulacion, sale con más facilidad y se seca más pronto.

Se ha visto ya que la podredumbre seca de la madera depende de las materias solubles que contiene, las cuales, combi-

nándose con el agua, obran sobre la celulosa ó sobre el tejido fibroso, y unido el calor á una circulacion insuficiente de aire, favorecen notablemente su desarrollo. De esto puede deducirse que, eliminando de la madera la materia soluble en el agua, por medio de la desecacion ó cualquier otro procedimiento, podria evitarse la descomposicion. La madera verde contiene de 38 á 40 por 100 de agua; y la experiencia demuestra que dejándola secar al aire libre sólo se elimina una parte de la humedad. El conde Rumfort ha hallado que una pieza de encina secada por espacio de cien años perdió sólo el 9 por 100 de agua por efecto del calor. Si se reduce la madera á polvo fino calentado á 100 grados centígrados, se podrá evaporar toda el agua que contenga; mas si se la vuelve á exponer al aire, absorberá nuevamente el 10 por 100 de humedad. El calor coagula la albúmina contenida en la madera haciéndola menos alterable, siendo el mismo el efecto producido por el vapor, por cuyo motivo se ha recomendado mucho este procedimiento; sin embargo, si bien con él se retarda bastante la alteracion de la madera, no se le puede considerar como verdaderamente eficaz.

Los procedimientos de desecacion de la madera se han aplicado, en general, de una manera muy imperfecta, como lo prueba las cantidades inmensas de madera perdida por haberla colocado en contacto con el terreno y apilada de un modo muy compacto, debiéndosela colocar sobre soportes y espaciada para que el aire pueda circular por ella. Además, se la debe cobijar debajo de una cubierta ó tinglado para evitar los efectos de la lluvia. Al propio tiempo, si es posible, se la debe colocar al abrigo de los cambios de temperatura. Las maderas cuidadas en esta forma durante dos, tres ó más años, serán mucho más duraderas, pero nunca constituirá esto un verdadero preservativo.

La desecacion rápida, segun el sistema Davidson, cuyos ensayos se verificaron en Inglaterra en 1835, consiste en hacer pasar una corriente de aire caliente por los cilindros que contienen á la madera, cuya corriente de aire lleva una velocidad de 30 metros por segundo, teniendo el tubo de introduccion las dimensiones suficientes para que el aire del cilindro se renueve completamente á cada tres minutos. La temperatura del aire depende de la clase de madera; para las maderas duras y las piezas de gran espesor, de 27 á 35 grados; para las maderas flojas y piezas delgadas, 49 grados. El tiempo suficiente para que la operacion pueda terminarse, suponiendo que la corriente de aire atraviese el cilindro por espacio de doce horas al dia es: las tablas de 4 pulgadas (0'102^{m}), cuatro semanas; las tablas de 6 pulgadas (0'152^{m}), siete semanas; las tablas de 8 pulgadas (0'203^{m}), diez semanas, y así siguiendo. La operacion debe llevarse con mucho cuidado, puesto que de no ser así podria henderse la madera. Si bien por este procedimiento no se preserva indefinidamente la madera, pero á lo menos se la hace mucho más duradera.

Ante todo deben evitarse las hendeduras exteriores de la madera, puesto que á ellas se debe el desarrollo de la podredumbre seca, debido á que tanto el aire, como la luz y la humedad favorecen notablemente el desarrollo de los hongos, cuyo fenómeno se demuestra de una manera muy palpable practicando un agujero de 0'05^{m} de diámetro en una pieza de madera perfectamente sana, la cual, á las veinte y cuatro horas está toda ella cubierta de una vegetacion considerable de hongos.

La albúmina vegetal, cuya presencia en las maderas es la principal causa de su podredumbre, se puede quitar con un simple baño de agua fria, cuyo método se emplea con mucha frecuencia. Es evi-

dente que, si es posible poder conseguir este objeto con una simple inmersion en agua fria y poder arrastrar ó extraer toda la albúmina, al dejar que seque la madera se obtendrá una materia inalterable en las condiciones comunes de exposicion al aire y á la humedad. Sin embargo, es probable que este procedimiento no podrá lavar bien más que las capas esteriores de la madera, y aun así necesitará para ello muchos años si se trata de piezas de gran escuadria.

El procedimiento Beer tiene por objeto preservar la madera disolviendo la albúmina contenida en sus poros. Para ello se emplea una solucion borrax que disuelve enteramente esta materia orgánica, debido á las propiedades antisépticas que posee, de modo que se puede sin inconveniente alguno dejar la disolucion en el interior de la madera. En cuanto al color oscuro que adquiere la madera, se le quita fácilmente lavándola con mucha agua.

Si realmente este procedimiento es tan eficaz como pretende su inventor, no deja de tener una gran importancia, por cuanto permite realizar en pocas horas lo que la desecacion por medio del aire ó la inmersion en el agua resuelve de un modo muy imperfecto y empleando muchísimo tiempo, es decir, la expulsion completa de todos los elementos que determinan la alteracion de la madera.

Descritos ya los principales métodos empleados para expulsar ó desecar la savia, se llega naturalmente á la segunda parte de este asunto, que comprende todos los medios de preservacion basados en la introduccion de sustancias antisépticas ó capaces de formar en el interior de la madera un compuesto insoluble.

Se sabe que todas las sales metálicas son antisépticas por su propia naturaleza, las cuales obran coagulando la albúmina de la madera. En 1792 se propuso la inmersion de la madera en una solucion de sal de cobre. Tomás Wadere propuso en 1815 las sales de cobre, de zinc y de hierro, poniendo en práctica el antiguo procedimiento de los suecos, que consistia en hacer hervir la madera en el vitriolo verde. En 1821, Humphry Davy dió á conocer las propiedades del sublimado corrosivo, que se aplicó más tarde por Roberto H. Kyan.

Debe reconocerse que los compuestos formados por las sales metálicas y los agentes antisépticos, tales como la sal de mar, la cal, la creosota y otras, no son ciertamente verdaderos preservativos, en el sentido absoluto de la palabra, por ser más susceptibles de alterarse en contacto con el aire y la humedad que la misma fibra leñosa. No obstante, se les cita generalmente como preservativos, por combinarse con la materia vegetal y formar compuestos que se alteran con dificultad. De esto resulta que los métodos que se describirán no son tan perfectamente eficaces como el procedimiento que expela todas las partes alterables de la madera.

Las materias que principalmente están en uso con este objeto son las siguientes:

Sulfato de cobre.
— cal.
— alúmina.
— sosa.
Carbonato de sosa.
— potasa.
— barita.
Brea.
Humo.
Sulfato de barita.
Acido sulfúrico.
Cal.
Azoato de potasa.
Acido arsenioso.

Sublimado corrosivo.
Aceite.
Pirolignito de hierro.
Agua proveniente de la fabricacion del cloro.
Cloruro de sodio.
— zinc.
Sulfato de magnesia.
Aguas madres de las lagunas saladas.
Sulfuros metálicos, descompuestos por un ácido ó una sal metálica.

Los esperimentos hechos en 1823 por Boucherie dan alguna luz sobre el valor real de las sales metálicas como sustancias preservativas. Para ello tomó mil tallos tiernos de castaño y de abeto que dividió en once grupos y trató del modo siguiente:

1.er grupo: lo dejó al estado natural;
2.° — lo impregnó de bicloruro de sodio y de mercurio;
3.er — lo impregnó de sales de hierro;
4.° — lo impregnó de sales de cobre;
5.° — lo impregnó de sales de zinc;
6.° — lo impregnó de sales de plomo;
7.° — lo impregnó de cloruro de calcio;
8.° — lo impregnó de cloruro de cal;
9.° — lo impregnó de cloruro de cal mezclado con sulfatos metálicos solubles;
10. — lo impregnó de cloruro de calcio mezclado con ciertos pirolignitos;
11. — lo impregnó de ácido piroleñoso.

Enterró luego todos estos tallos á la profundidad de un pié, y examinándolos al cabo de dos años y medio observó que los que no habian recibido ninguna preparacion y los impregnados con sales de plomo estaban tan carcomidos y deteriorados que se desmenuzaban entre las manos; los tallos tratados con las sales de hierro estaban alterados considerablemente; y todas los demás se encontraban en el mismo estado que cuando su enterramiento.

Posteriormente, el mismo Boucherie practicó un ensayo más delicado empleando la pulpa de remolacha, la cual dejada sin preparacion alguna se pudre al cabo de algunos dias; mas si á 92 gramos de pulpa se le adicionan 0'097^{gr} de sublimado corrosivo, entonces se la preserva completamente; la misma cantidad de pirolígnito de hierro produce el mismo resultado, mientras que 1'490^{gr} de sulfato de cobre ó de hierro, en igual cantidad de remolacha sólo retarda de dos dias su alteracion en el primer caso y de un dia en el segundo.

El procedimiento de Earle consistia en hacer hervir la madera en sulfatos de hierro y de cobre, pero los resultados obtenidos no fueron muy satisfactorios, como lo prueba el ensayo que se practicó en Filadelfia en un adoquinado de madera empleando materiales preparados de este modo, y sólo duraron dos años, cuyo resultado negativo puede tener su esplicacion en el mero hecho de que el ácido sulfúrico libre ataca la madera y precipita su destruccion.

El procedimiento de Brant consiste en introducir aceite en los poros de la madera por medio de una bomba impelente, habiéndose extraido antes todo el aire contenido en el recipiente en donde se halla la madera.

Parece que este método dió bastante buen resultado; con todo, raras son las veces que se ha hecho aplicacion de él, y sólo se cita por ser el primer caso en el cual se obtiene una solucion preservatriz introducida por fuerza en la madera.

En 1832 Roberto H. Kyan propuso la introduccion de una solucion de sublimado corrosivo en los poros de la madera. Para ello tomó un cubo de 30 centímetros de lado de corazon de encina en plena savia, el cual preparó con dicha sustancia y colocó en un hoyo formado con maderas completamente pudridas, cubiertas de hongos, en un estado tal de descomposicion, que se apagaban las luces que se introducian en él. Al cabo de tres años de haber permanecido el cubo de encina en esta atmósfera pútrida, no sufrió la más mínima alteracion.

El modo de preparar la madera por este procedimiento es el siguiente: Al principio se sumergian simplemente las maderas en la solucion, produciéndose al cabo de pocas horas una ebullicion muy violenta causada por la combinacion del bicloruro de mercurio con las materias solubles de la madera. Más tarde se abandonó este sistema reemplazándole por otro, cuyo elemento era la compresion, para lo cual se empleaban dos depósitos cilíndricos de hierro de 0'012^{m} de espesor, cuya altura era de unos 21 metros y el diámetro de 1'83^{m}. La parte superior de estos cilindros estaba sostenida por viguetas de hierro fundido, y estaba provista de

dos puertas á colisa con contrapesos para poderlas subir y bajar á voluntad. Los depósitos estaban revestidos interiormente con fieltro para evitar que el sublimato corrosivo atacase al hierro. La bomba pneumática tenia un diámetro de 0'038^{m}; la carrera del piston de 0'25^{m}, y habia además dos bombas impelentes, cuyos diámetros eran de 0'10^{m} á 0'15^{m}; con carrera de piston de 0'61^{m}, dando en poco tiempo una presion mayor de 5 atmósferas. Se hacia una mezcla de medio kilógramo de sublimato y 5 kilógramos de agua; se hacia penetrar luego esta mezcla en los depósitos, despues de haberla dilatado convenientemente, lo cual se comprobaba por medio de un areómetro ó de una hoja de plata que debia ennegrecer, cuyo procedimiento es de una gran sensibilidad. La operacion del vacío y la de la compresion exigian cinco horas, y la operacion completa se hacia en siete horas empleando ocho operarios. Para inyectar 10 metros cúbicos de madera se necesitaban 2 kilógramos 430 de sublimato corrosivo, arrojando un gasto de 21'80 francos por metro cúbico, comprendiendo los gastos de instalacion.

Analizada esta madera por Faraday y Berzelius, vieron que el sublimato corrosivo forma un compuesto insoluble con la albúmina de la madera, y que las tres cuartas partes aproximadamente de la sal quedan en libertad, pero sin poderlas desalojar de la madera más que por desagregacion completa.

El procedimiento de Kyan que ya se ha descrito, puede aplicarse mucho más económicamente por medio de aparatos perfeccionados y operaciones mucho más delicadas. Comunmente se introduce cierta cantidad de sublimado corrosivo superior á la que realmente se necesite; de este modo el calor y la humedad pondrán en libertad á este escedente y no á la parte útil, y con ello se emponzoña al propio tiempo la atmósfera envolvente. Además, el sublimado corrosivo tiene una tendencia especial á corroer los clavos y otras piezas de hierro que se encuentran en contacto con la madera inyectada, motivos todos ellos que hacen muy práctico y seguro este procedimiento, aparte de la economía que resulta de su empleo.

En 1835 Francis Mall practicó ensayos de preservacion de las maderas, exponiéndolas á la accion del vapor de creosota en vasos cerrados, pero no dió los resultados que se esperaban por la dificultad de poder impregnar la madera con una sustancia introducida en forma de vapor.

En 1838 William Burnet impregnó la madera con una disolucion de cloruro de zinc, sumergiéndola por espacio de diez á veinte dias en ella. Al cabo de cierto tiempo introdujo la solucion por medio del vacío y de la compresion, como en los procedimientos de Brant y de Kyan, resultando menos costoso que el de este último.

El procedimiento Burnet se ha empleado en varios ferrocarriles americanos, cuyas maderas, tratadas en esta forma, prestan grandes utilidades, si bien se citan casos de podredumbre rápida, hasta en los mismos establecimientos que las manipulan, debido sin duda á que el cloruro de zinc obra eficazmente sobre ciertas especies y no ejerce la misma accion sobre otras.

El procedimiento Bethel consiste en introducir en los poros de la madera, por medio del vacío y de la compresion, ciertos líquidos bituminiosos ó que contengan creosota, tales como el aceite de alquitran ó el pirolignito de hierro. Bajo el punto de vista comercial, este procedimiento ha dado escelentes resultados. La preparacion que se emplea comunmente es el producto resultante de la destilacion del alquitran de hulla, entre 210 y 317 grados centígrados, cuya materia obra en la madera coagulando la albúmina que contiene, y cubriendo las fibras de modo que

las preserva de la accion destructora de los cuerpos exteriores. Como la creosota está más expuesta que la misma fibra leñosa á alterarse en contacto con el aire, no es fácil suponer que inyectada la madera con esta sustancia esté preservada por un tiempo indefinido; sin embargo existen ejemplos, en particular en Bélgica, de traviesas que han durado más de veinte años.

El profesor aleman Rottier ha hecho experimentos para determinar las cualidades preservadoras de varios cuerpos derivados del alquitran, y ha encontrado que los aceites ligeros que contengan ácido carbónico, la anilina y los aceites de nafta, preservan muy poco á las materias orgánicas expuestas al aire; mientras que el aceite verdoso obtenido por la destilacion entre 275 y 315 grados centígrados da un escelente resultado.

Experimentos practicados en Midland Railroad compagnie (Estados-Unidos) demuestran que las traviesas de madera sin preparar duran de 14 á 16 años, y que las traviesas preparadas con creosota deben cambiarse á los 20 años. Luego, como la traviesa en bruto cuesta unos 3'45 f y la inyeccion de creosota 1'25 f, debiéndose contar á razon de 2'50 f por intereses comparados durante 14 años, resultan mucho más económicas las traviesas sin preparar. Sin embargo, este caso particular proviene sin duda de la calidad escepcional de madera, puesto que en otras comarcas las traviesas sólo duran de seis á siete años, que es la duracion media de las traviesas de los ferrocarriles belgas, habiéndose reconocido en este pais que el procedimiento Bethel permite realizar una gran economia, puesto que la madera dura entonces de veinte á veinte y cinco años.

Debe observarse que hay clases de madera que se conservan intactas durante mucho tiempo sin haber recibido ninguna preparacion. Como el corazon de la madera contiene menos cantidad de materia soluble que la albura, está menos expuesto á alterarse; por la misma causa, las maderas compactas y densas duran más que las otras. Los árboles de cierta edad dan tambien una madera mucho menos alterable que los árboles jóvenes, porque en aquéllos la savia acaba por no circular en su corazon; los poros de la madera se llenan de una materia resinosa que, aunque menos soluble que la celulosa, se descompone no obstante con mucha dificultad. El corazon de los árboles, tales como el pino resinoso, el ciprés y otros, dan una madera que tarda mucho tiempo en alterarse.

Keinemann inyecta los poros de la madera con resina despues de haber expelido la savia.

Despues de muchos ensayos se ha reconocido que el otoño es la época más conveniente para inyectar los árboles, ya estén en pié ó cortados, pudiéndoseles cortar una gran parte de las ramas sin que afecten al resultado; pero es indispensable dejarles las ramas y las hojas de la punta.

El doctor Boucherie, que ya se ha citado, es el inventor de un procedimiento de inyeccion muy sencillo para los árboles cortados en invierno y piezas de madera pequeñas provenientes de árboles cortados en cualquier época del año. Este procedimiento consiste en colocar la pieza de madera verticalmente en sentido de las fibras, aplicando á su parte superior una bolsa que contenga la solucion salina. Este método puede aplicarse igualmente para lavar la madera en vez de inyectarla, en cuyo caso, basta reemplazar la preparacion por agua pura.

Se ha probado que la inyeccion del pirolignito de hierro aumenta notablemente la duracion de la madera. El objeto de las investigaciones ulteriores de Boucherie fué el poder conservar al propio tiempo la flexibilidad y elasticidad á la madera. En tésis general, estas cualidades dependen de la cantidad de humedad que con-

tiene, habiéndose observado que, en el último período de la operacion preservadora que consiste en desecar la madera por medio del aire, ésta va adquiriendo más y más la propension á henderse, cuyo fenómeno sugirió al inventor la idea de emplear un delicuescente, despues de haber expelido las materias albuminosas de la savia, tal como las aguas madres de las lagunas saladas, que contienen una gran cantidad de cloruro y resultan á bajo precio.

Tambien se añade un poco de pirolignito de hierro para proteger la fibra leñosa de la accion de la pequeña cantidad de albúmina que haya podido quedar en los vasos. Con este procedimiento la madera es además mucho menos inflamable.

Todos cuantos ensayos y experimentos se hicieron empleando este método, dieron los mejores resultados. Así, en 1846 se prepararon ochenta mil traviesas para el ferrocarril del Norte de Francia, habiéndoselas examinado anualmente; y en 1855 se quitaron algunas para colocarlas en la Exposicion que se celebró entonces, y se vió que no habian sufrido ninguna alteracion.

El gran mérito del procedimiento Boucherie estriba en su bajo precio, puesto que el metro cúbico de traviesas preparadas resultaba entonces á 1'65^{f}.

Otra de las causas de destruccion de la madera, como ya se ha dicho, es la picadura de los insectos. El *limnoria terebrans* se construye una celdilla cilíndrica en el interior de la madera, multiplicándose con tanta rapidez que al cabo de pocos años queda completamente destruida la madera. M. Stevenson practicó experimentos con un gran número de maderas ya en su estado natural ó preparadas por el procedimiento Kyan, y dedujo que este sistema de preservacion no ejerce ninguna influencia sobre la accion de los insectos, debido sin duda á que la solucion se desaloja por el agua que contiene la madera; y únicamente algunas maderas de Australia, del Brasil y de las Indias fueron las únicas que, habiendo permanecido durante trece años en el agua, no fueron atacadas por los insectos; todas las demás se pudrieron en un espacio de tiempo comprendido entre ocho meses y cuatro años.

La madera inyectada con creosota que no sufrió ensayo, se emplea hoy dia en los trabajos de los puertos de Inglaterra conservándose en general en buen estado.

La hormiga blanca de los paises tropicales penetra en la madera nutriéndose con la savia del árbol, de modo que en pocos años su interior queda convertido en polvo. Las traviesas de los ferrocarriles de la India que se colocan sin haberlas preparado antes, se las debe renovar cada cinco años, y aunque se las impregne con creosota no duran tampoco mucho mayor tiempo.

Existen pareceres que suponen que las maderas despojadas de su savia no pueden ser pasto de los insectos por faltarles su parte nutritiva, lo cual parece ser muy lógico si se atiende á que ciertas clases especiales, cuyo tejido es muy compacto ó que contienen poca savia, son los menos expuestos á estas invasiones.

Las maderas aromáticas están igualmente á cubierto de esta causa de destruccion; luego el problema de la preservacion de los insectos es soluble.

Esta es la enumeracion sucinta de los principales métodos que sucesivamente se han propuesto para aumentar la duracion de las maderas, cuyos procedimientos se han aplicado principalmente á la construccion de las vias férreas y á los trabajos de los puertos, siendo la construccion civil y la naval las que menos partido han sacado de ello.

Con relacion á la marina, si bien se han propuesto algunos sistemas, pero se choca con inconvenientes muy graves, tales como la sal, la cal y sales metálicas

contenidas en el agua, cuyas sustancias absorben la humedad y atacan el hierro. El hedor de la creosota seria probablemente un obstáculo para el empleo de este producto. Los procedimientos más convenientes para la preservacion de las maderas destinadas á la construccion de los buques son las que sólo emplean el aire y el agua, de modo que haciendo uso de estos métodos con las debidas precauciones se podrá prolongar mucho la duracion de las embarcaciones.

La utilidad de hacer muy duraderas las construcciones de madera, á pesar de las grandes ventajas que ofrece, no ha llamado en general tan poderosamente la atencion de los arquitectos y constructores como se merece, debido en gran parte á la abundancia de madera en muchas comarcas, y por lo mismo no sentirse su falta; que si así no fuese, tendria que entrarse forzosamente en el estudio de un problema, que si bien hoy dia no es de absoluta necesidad, pero que será de mucha trascendencia para el porvenir, y ya en Europa, en donde la tala de los bosques va con tanta rapidez, ha motivado ya algunos experimentos bastante importantes.

Hace más de cincuenta años que, vista la escasez, mayor cada dia, de la madera de encina en los Estados-Unidos, este pais dictó leyes de proteccion á favor de esta especie para que no desapareciese, lo cual prueba la prevision de este pais, digna de imitarse.

Pocos son los asuntos que estén tan íntimamente ligados como la conservacion de los bosques y las necesidades de la sociedad, la salubridad general y la higiene pública, la produccion del suelo y el aumento del bienestar general; así pues, todo cuanto tienda á conservar los grandes arbolados, será un bien para el pais en donde se produzcan, bien se considere bajo el punto de vista higiénico como económico.

Generalmente se admite que al sulfato de cobre inyectado en las traviesas de ferrocarriles debe su accion preservadora por combinarse con el tejido leñoso, y en particular con la materia azoada que se transforma en insoluble y tóxica para los séres organizados destructores; sin embargo, Max Paulet no admite esta aplicacion, por cuanto los experimentos practicados por él sobre este particular le han demostrado: 1.° que el precipitado albúmino-cúprico no es absolutamente insoluble en el agua; 2.° que es soluble muy particularmente en una agua cargada de ácido carbónico.

Si se somete al tratamiento una madera alterada proveniente de una traviesa, se nota un desprendimiento continuado de ácido carbónico, cuyo gas proviene de que el carbonato de cal contenido en el balaste, pasando á ser soluble en un exceso de ácido carbónico, va penetrando poco á poco en la madera sustituyendo al cobre. Para medir la intensidad de la alteracion experimentada por la madera, basta conocer ó determinar la cantidad de ácido carbónico ó de carbonatos que contiene, lo cual confirma y esplica el hecho, comprobado por la observacion, de que las traviesas se destruyen con gran rapidez en los terrenos calcáreos.

El método imaginado por M. Weatherby para preservar á las maderas de la podredumbre y de la combustion, ha dado muy buenos resultados, tanto por la economia que presenta como por modificar apenas su naturaleza.

Se seca primeramente la madera en una estufa para que desprenda toda la humedad que contiene, y tambien la esencia de trementina si se trata de una madera resinosa. Se la coloca luego en un cilindro, y por medio de una presion enérgica se introduce en sus poros una lechada de cal y de ácido sulfuroso. Despues de este tratamiento se saca la madera de los cilindros, sometiéndola á una

nueva desecacion, tan completa como sea posible.

Debido á la accion del ácido sulfuroso, que debe ser en mayor cantidad que la necesaria, se forma bisulfito de cal, sustancia soluble en el agua, la cual penetra fácilmente en las fibras leñosas, formándose despues, al contacto con el aire, sulfato de cal, sal poco soluble que, suponiendo que la madera deba emplearse en el agua, no se la podrá desalojar.

Despues de esta manipulacion, las maderas resultan más ligeras que á su estado natural antes de la primera desecacion, pudiéndose fijar en o'3504 su peso específico medio.

Segun M. Moore, este procedimiento es mucho más económico que todos los que se han propuesto hasta el dia, por medio del cual se destruye casi completamente cualquier motivo de podredumbre seca ó húmeda, ya á causa de la presencia del bisulfito de cal, como por revestirse las fibras de una capa lustrosa impermeable. Las maderas de las coníferas en particular, adquieren de este modo mayor duracion, están menos expuestas á las vibraciones y al crujimiento, y resisten á los insectos y á la llama.

Para la composicion de las maderas tratadas de este modo, el análisis ha dado:

Fibra leñosa.	87'2
Agua á 15°.	8'5
Cenizas.	4'3
	100'0

Otro procedimiento para impregnar la madera es el siguiente: se inyectan con tanino los vasos de la madera, bajo la forma de una disolucion en el extracto de corteza de castaño. Luego se la impregna con una sal de protóxido de hierro, empleándose preferentemente el acetato de hierro por ser de menos coste y no atacar la fibra vegetal, cuyo tratamiento se verifica en espacios cerrados.

Este procedimiento se ha empleado por la Compañía de los ferrocarriles del Norte de Francia para los postes telegráficos, y en Anzin para los piederechos con que se apuntaban las galerias de las minas.

En todos los casos, para conservar la madera es preciso colocarla en condiciones que no favorezcan ni la podredumbre húmeda ni la seca. La primera precaucion que debe tomarse para alcanzar este resultado es el colocarlas al abrigo de la humedad y del ácido carbónico, cobijándolas con una cubierta y aislándolas del terreno y de su contacto mútuo por medio de apoyos suficientemente macizos para que no pueda localizarse la humedad. Se evitarán las grietas impidiendo las corrientes de aire y la accion del sol, permitiendo, no obstante, que puedan participar de las variaciones de temperatura de la atmósfera.

Admitiendo que se puedan tomar todas estas precauciones para conservar las maderas antes de colocarlas en la obra, ya no sucede lo mismo una vez colocadas, puesto que entonces están expuestas á un deterioro tanto más rápido, cuanto más expuestas se hallen las construcciones á la accion del ácido carbónico, al calor y á las alternativas de imbibicion y desecacion, para evitar lo cual se requieren medios especiales.

Es preferible emplear siempre las maderas convenientemente desecadas, dándoles despues una capa general de pintura al óleo ó de brea. Si, debido á ciertas circunstancias, la madera que se emplee es verde ó recien cortada, ya no será posible darle una mano de pintura ó brea, por cuanto se produciria la podredumbre seca con una rapidez asombrosa. En este caso es imprescindible dejarla secar una vez colocada antes de pintarla, cuidando muy particularmente de quitarle la albura. Si se la emplea junto con su albura,

se deberán coagular las materias azoadas impidiendo la fermentacion interior por medio del calor, cuyo procedimiento se aplica fácilmente á los piederechos que se hincan en el terreno, para lo cual se quema su superficie en un hogar, y entonces se consume parte de la albura, obrando el calor sobre el resto de la masa. Es verdad que con este procedimiento, como ya se ha dicho, se cubre la superficie de la madera de una capa higrométrica de carbon que absorbe la humedad; con todo, esta operacion no deja de ser muy útil.

El entretenimiento que deben recibir las maderas colocadas en obra consiste en renovar periódicamente las pinturas al óleo de que están cubiertas; en preservarlas de las lluvias, del ácido carbónico; en arrancar las plantas que crezcan á su alrededor, cuyas raices les son tan perjudiciales, á causa del ácido carbónico que desprenden, en particular en los terrenos calcáreos; y en la renovacion del aire al rededor de las piezas.

Como medio para prolongar la duracion de las maderas evitando su fermentacion ulterior, se ha ensayado primeramente su inmersion en el agua dulce ó el agua del mar, con el objeto de quitar á la madera, por medio de esta disolucion, una parte de sus principios fermentescibles. Si bien este procedimiento tiene alguna eficacia, pero lo es solamente sobre la débil capa exterior ó la albura. El agua dulce disuelve con mayor rapidez estas materias que el agua salada, y tanto la una como la otra, por años que dure la inmersion, sólo pueden dar resultados incompletos é insignificantes, prescindiendo además del efecto perjudicial que se crea por dar mayor porosidad á la madera. Desde luego se comprende que únicamente puede emplearse este procedimiento para evitar que se hiendan las maderas, que se deterioren ó que la ataquen los insectos, antes de colocarlas en obra.

Los agentes externos no pueden ejercer nunca accion sobre la fermentacion interna, de modo que no pueden constituir verdaderos preservativos. Del mismo modo la carbonizacion superficial, la pintura ó base de azufre, la lechada de cal y otros procedimientos semejantes ya ensayados en grande escala en el pasado siglo, han debido abandonarse, no tanto por inútiles como por perjudiciales.

Para que un agente sea susceptible de detener la fermentacion leñosa, debe forzosamente inundar ó cubrir toda la masa, para evitar que alguno de estos elementos, por pequeño que sea, pueda nutrir y desarrollar los gérmenes de la fermentacion.

A pesar de no conocerse bien aun la accion que los varios agentes químicos ejercen sobre los gérmenes de la putrefaccion leñosa, si se atiende á las relaciones que guardan los varios fermentos entre sí y á las observaciones de Crace Calvert sobre el poder que poseen varias sustancias de detener la putrefaccion y desarrollo de la vida proteplásmica, se podrá considerar el ácido cresilico (derivado del alquitran) como el agente más eficaz, siguiendo luego el ácido fénico (derivado igualmente del alquitran), el cloruro de zinc y el ácido sulfúrico, cuyas sustancias parece que destruyen casi completamente la vida de los gérmenes é impiden su reaparicion.

El sulpofenato de zinc, el ácido pícrico, el cloruro de aluminio y el ácido prúsico se consideran igualmente como determinantes de la destruccion de los germenes que existen en el momento de su empleo, pero no impiden de ningun modo el desarrollo de los que se forman despues. El hipoclorito de cal, el bicloruro de mercurio, el cloruro en disolucion, la sosa cáustica, el ácido acético el sulfato de hierro, el sulpofenato de potasa ó de sosa, destruyen los gérmenes en principio, pero en cambio favorecen despues su desarrollo.

El ácido arsenioso, el cloruro de sodio, el cloruro de calcio, la esencia de tre-

mentina, no ejercen accion alguna. La cal, el carbon de madera, el permanganato de potasa, el fosfato de sosa y el amoníaco, favorecen el desarrollo de los fermentos y facilitan la putrefaccion. Todos estos procedimientos esplican el éxito de ciertos procedimientos de inyeccion para la mayor duracion de las maderas.

Como ya se ha dicho, los primeros ensayos de esta clase datan del siglo pasado, y al doctor Boucherie se debe la idea primera de hacer penetrar una disolucion de sulfato de cobre en los árboles, utilizando la fuerza de ascension de la savia ó expeliéndola por presion despues de cortados.

Tambien se emplea con frecuencia el procedimiento de inyeccion, consistente en colocar la madera en una estufa cerrada expeliendo el aire interior por medio de una corriente de vapor, el cual se condensa, extrayéndose luego el aire contenido en la madera por medio de una bomba, formando un vacío tan completo como se pueda, despues de lo cual se introduce el líquido de inyeccion empleando, además de la presion atmosférica, la de una bomba impelente.

El aparato de Légé y Fleury Pyronnet, basado en este principio, permite inyectar 1,500 traviesas al dia ó 600 postes telegráficos. La creosota impura, la cual contiene cierta cantidad de ácido fénico, es el líquido empleado preferentemente por los ingleses para las inyecciones, permitiéndoles dar una duracion extraordinaria á las traviesas que construyen con los abetos de Noruega y del Canadá. Los alemanes emplean el cloruro de zinc con muy buenos resultados tambien. Las investigaciones de Crace Calvert confirman la superioridad de estas dos sustancias sobre todas las demás que están en uso.

Los derivados del alquitran, que tan en uso están en Inglaterra, tienen además la ventaja especial de ser hidrófugos, de preservar perfectamente las maderas de la humedad, y, por consiguiente, evitar las variaciones de volúmen que son las que producen las hendeduras. De todos modos, sean las que fueren las materias inyectadas, sólo penetran y preservan las maderas blandas y esponjosas y únicamente la albura de las maderas duras.

Existen además otros varios procedimientos de conservacion de las maderas que pueden dar buenos resultados.

Despues de bien secada la madera en un horno, se la coloca en un cilindro con agua de cal y ácido sulfuroso; se cierra herméticamente el cilindro sometiéndola á una fuerte presion, para que la madera se impregne en la solucion en donde se baña y luego se la deja secar nuevamente para desalojar el agua. El ácido sulfuroso y la cal obran de tal modo, que la madera se encuentra penetrada con una incrustacion capaz de preservarla contra los accidentes, contra la humedad, los estragos de los insectos y hasta cierto punto del incendio. Esta preparacion tiene además la ventaja de no ser muy costosa.

Puede conservarse tambien la madera encerrándola en un depósito cerrado, colocada verticalmente; llénense luego las tres cuartas partes del depósito con una solucion de fenato de sosa; introdúzcase luego vapor continuando la inyeccion hasta que el depósito resulte completamente lleno. Déjese digerir la madera en el líquido caliente por espacio de algunas horas, quítese luego éste y lávese la madera con una corriente de vapor quemado.

Otro procedimiento. — Colóquense las piezas de madera en un depósito, separándolas por capas de cal viva, haciendo llegar lentamente la cantidad de agua necesaria hasta la completa inmersion. Los

que han empleado este procedimiento dicen que resulta muy económico, da mucha duracion y resistencia á la madera é impide que se pudra. La madera de haya tratada así daria excelentes mangos para las herramientas, resultando tan dura como la encina, sin perder ninguna de sus propiedades particulares.

Conservacion de las maderas empleando la parafina y el petróleo incombustible

Si bien, en general, en todo cuanto se ha dicho y hecho para conservar las maderas se han puesto en uso los antisépticos, algunos de los cuales resultan á un precio moderado siendo al propio tiempo de fácil empleo, con todo distan mucho de realizar todas las esperanzas que se prometia de ellos con este objeto, por cuanto, muchos de ellos sólo dan una preservacion muy efímera, favoreciendo muchas veces los peligros de incendios, y ofreciendo tambien verdaderos peligros como agentes enérgicosde intoxicacion. Hé aquí sin embargo otra nueva materia de la misma naturaleza que se indica tambien como sustancia preservadora, esto es, las parifinas, cuyas propiedades antisépticas son bien conocidas.

El doctor Schall, que es el promovedor del empleo de este nuevo agente de conservacion de las maderas, ha probado, por una série continuada de investigaciones, que las maderas inyectadas con parafina están á cubierto, por bastante tiempo, de los efectos de la podredumbre, y tambien que lo están por espacio de unos dos años de los ataques de los ácidos débiles, lo cual permite construir con estas maderas los toneles ó cascos que deban contener á estas sustancias para la exportacion.

El empleo de la parafina, segun las prescripciones de Schall, presenta un inconveniente muy grave: para que la inyeccion se verifique en buenas condiciones capaces de preservar por mucho tiempo á la madera, es preciso desecarla antes en una estufa por espacio de tres semanas. Se las impregna luego con un barniz á base de aceite secante, ó bien de una débil capa de silicato de sosa, cuya sal disminuye la combustibilidad de la madera; y al proceder al lavado con una disolucion muy débil de ácido clorhídrico, se forma cloruro de sodio ó sal marina ordinaria, que es otro agente antiséptico, y entonces el ácido silícico es el que se encarga de cubrir los poros de la madera.

Tambien se emplea la parafina para preservar á ciertos metales, cubriendo su superficie con ella en forma de barniz, obtenido por la disolucion de la sustancia en el aceite de lino ó de nabo silvestre.

Con el alquitran y los aceites pesados derivados de él que son los más combustibles, se observa un fenómeno muy notable, y es que al producir la parafina ofrecen una sustancia capaz de disminuir considerablemente la combustibilidad escesiva de la madera.

Inyeccion de las maderas

Entre el sinnúmero de sustancias que se emplean para la conservacion de las maderas, el sulfato de cobre, por ejemplo, considerado como uno de los mejores preservativos, no resiste absolutamente en terrenos impregnados de sustancias amoniacales, por cuanto el cobre queda disuelto por el amoníaco. El sulfato de barita, que es una de las sustancias más insolubles que se conoce, que resiste tanto á las descomposiciones amoniacales como á la accion de los cloruros, parece ser la materia más apropiada para inyectar las maderas, cuya operacion tiene lugar por la doble descomposicion del sul-

fato de hierro y del sulfato de bario en el interior de la madera, inyectados sucesivamente en ella; sin embargo, puede suceder que los dos líquidos no se introduzcan simultáneamente en la madera, por la repulsion del uno sobre el otro y no se verifique la mezcla, y por lo tanto no tenga lugar la descomposicion.

Este es el motivo porque á pesar de haberse aplicado durante mucho tiempo este sistema, se haya abandonado sustituyéndole por otras sustancias y por el procedimiento de simple inyeccion.

Hoy dia las dos sustancias más generalmente empleadas para la conservacion de la madera, ya se ha dicho que eran el sulfato de cobre y la creosota, ó mejor aun, los alquitranes líquidos provenientes de la destilacion de la hulla, muy ricos en creosota. A la primera sustancia hace mucho tiempo que se la emplea en Francia y la segunda en Inglaterra.

Lo que primeramente debe practicarse para la inyeccion de la madera, es expeler ó modificar la albúmina vegetal que contiene, por ser esta materia la causa principal de la alteracion de los vegetales desde el instante que se les separa de las condiciones naturales de su existencia. Además, por nutrir y desarrollar las vegetaciones criptógamas, sirve de pasto á los gusanos é insectos que destruyen anticipadamente á la planta. Sin embargo, no basta tampoco expeler la albúmina para asegurar la conservacion de la madera; es indispensable además hacer de modo que el tejido leñoso absorba sustancias capaces de trasformar la albúmina que pueda quedar en la madera, y que puedan ellas mismas resistir la accion de los medios en donde se la deba colocar.

El procedimiento de inyeccion más primitivo fué la inmersion de la sustancia preservadora en un baño, verificado en 1813 por el baron de Champy, el cual colocó sebo derretido en un depósito mantenido á una temperatura de 130 grados, en el cual introdujo la madera necesaria para los revestimientos de los muros interiores de una fábrica de pólvora, para preservarla de la humedad.

Tambien se ha empleado la inmersion para inyectar con sulfato de cobre, ya en frio, ya en caliente, las traviesas de los ferrocarriles. La idea de la inyeccion por presion se debe á Breant, cuya operacion puede ejecutarse, bien sea por la diferencia de nivel de los líquidos inyectantes ó por medio de una bomba impelente.

Boucherie, como ya se ha dicho, utiliza la fuerza ascensional de la savia para introducir en el árbol el líquido antiséptico, sustituyendo despues este procedimiento por la infiltracion á una presion conveniente, en sentido de las celdillas longitudinales.

Las maderas que mejor se inyectan por este último sistema, son el haya, el fresno, el ojaranzo, el abedul, el plátano, el olmo, el pino silvestre y el pino marítimo; la encina resiste á la inmersion no tan sólo en el corazon, sí que tambien en la albura.

La penetracion más ó menos fácil del líquido antiséptico en el tejido leñoso depende, no tan sólo de la naturaleza de éste, sí que tambien de las cualidades del líquido inyectante. Por este motivo la infiltracion del sulfato de hierro es más rápida que la del sulfato de cobre.

Los ácidos se inyectan con mucha más facilidad que las sales; la sosa y la potasa se absorben facilmente; de modo que, para ciertas sustancias, deben emplearse procedimientos de inyeccion distintos que los de infiltracion ó presion en vasos cerrados. A pesar de esto el haya se infiltra fácilmente de sulfato de cobre, si al colocar verticalmente las piezas en el baño con la punta superior fuera, se añade á la presion del líquido la accion del calor.

Tambien se ha ensayado, junto con la inyeccion por infiltracion, el vacío practicado en la extremidad opuesta á la de la

introduccion del líquido, cuyo procedimiento da escelentes resultados; pero en cambio exige un gran número de aparatos simultáneos y muchos operarios para su manejo.

El conde A. d'Adhemar propone un procedimiento nuevo cuyo principio estriba en la inyeccion de la madera por doble descomposicion, por medio de la inmersion mixta.

En un depósito de plancha de palastro estañada en su interior, vierte un baño compuesto de 1 por 100 de ácido sulfúrico, al cual añade $^1/_2$ por 100 de un agente que varia segun las cualidades especiales que se quieran dar á la madera, tomado de entre la série numerosa de sulfatos y alumbres. Este depósito lleva un hornillo en su parte inferior. Además se dispone un segundo depósito igual al primero, el cual recibe un baño de cloruro de bario. La madera que se deba inyectar se coloca verticalmente en unas canastas cuadrangulares cuyas paredes son de tela metálica de malla grande, dispuestas de modo que se adapten bien al depósito.

Una vez calentado el baño de ácido sulfúrico, cuya temperatura puede alcanzar hasta 100 grados, se observa al instante que el líquido alcanza las extremidades superiores de la madera, que entonces se retiran las canastas para colocarlas en el segundo baño de cloruro de bario á una temperatura de 60 á 100 grados.

La primera operacion acostumbra durar tres horas, y seis la segunda.

Se ha dicho ya repetidamente que la madera expuesta á las influencias del aire y de la humedad experimenta bien pronto síntomas de descomposicion, y puede muy bien asegurarse que muy pocos ó casi ninguno de los preparados empleados hasta el dia es á propósito para preservar en absoluto á las maderas; tanto la pintura al óleo, como la brea vegetal y la brea mineral, lo que hacen es simplemente cubrir la superficie de la madera, tapando sus poros, preservándola tan sólo provisionalmente de la destruccion. Se ha observado que, si la madera no está completamente seca, estos productos impiden la desecacion y motivan la descomposicion interior con más rapidez que si la madera no hubiese recibido preparacion alguna. Para la conservacion de la madera no basta preservarla del contacto del aire y de la humedad, es preciso tambien hallar un medio de neutralizar el efecto de los elementos azoados contenidos en la madera.

Atendida la grandísima importancia que tiene la duracion de las construcciones y trabajos de madera para la navegacion, los ferrocarriles, las grandes industrias, la agricultura, etc., se ha acogido con el mayor interés un líquido antiséptico conocido con el nombre de *carbolineum avenarius,* cuya materia impregna la madera, la preserva de la descomposicion, le da una duracion escepcional, resultando á un precio muy moderado; esta sustancia no tapa los poros, no cubre las fibras leñosas y da á la madera un aspecto agradable color nogal, muy distinto del de la brea, que resulta negruzco al principio cambiando al cabo de cierto tiempo en gris muy feo.

El *carbolineum avenarius* es muy fluido de modo que se puede aplicar con la mayor facilidad por medio de pinceles, pudiéndole emplear tanto en maderas secas como en maderas verdes. Si la impregnacion que se desea obtener debe ser muy profunda, se le calentará sin peligro alguno por no ser inflamable y no hervir sino á una temperatura de 295 grados centígrados.

Si los objetos son pequeños se les sumergerá en el líquido dejando que se sequen luego. Tambien se puede dar una mano de *carbolineum* sobre capas de color al óleo, ó de alquitran; como tambien pueden darse

estas capas sobre él siempre que esté bien seco, en cuyo caso el color al óleo toma un color algo más oscuro. El *carbolineum* se conserva indefinidamente en toneles ó cascos bien cerrados sin que pierda ninguna de sus cualidades.

DATOS PRÁCTICOS SOBRE LAS MADERAS DE CONSTRUCCION

Las maderas de construccion que se encuentran en el comercio pueden dividirse en dos clases:

1.ª Las maderas del Viejo continente;

2.ª Las maderas del Nuevo continente.

La Europa suministra el *abeto*, que se divide generalmente en dos clases: el *rojo* y el *blanco;* la América del Norte da tres clases principales de maderas de construccion: el *pino amarillo* ó *yellow-pine*, el *mélis* ó *pitch-pine* y el *abeto* ó *spruee.*

Al arquitecto le interesa conocer tanto como al constructor las propiedades de las maderas y sus clases, especificándolas en las construcciones que dirige; así al indicar, por ejemplo, el *abeto del Báltico*, debe expresar al propio tiempo si debe ser el *rojo* ó el *blanco*, cuyas cualidades y propiedades son muy distintas en uno ó en otro. Al propio tiempo debe tenerse presente que si al pedir tal ó cual madera del Báltico, se quiere expresar madera de esta comarca, no sucederá así; pues lo que se obtiene no es la tal madera, sino una de las tantas *embarcadas* en el Báltico, lo que no es lo mismo. Se ve, pues, que estas denominaciones no bastan tampoco para obtener lo que realmente se desea.

En Noruega la buena madera, que por cierto es muy escasa, pasa por las fábricas especiales destinadas á acepillarla, en donde se le transforma en tablas de parquet que, á pesar de su buen aspecto, no dan madera que alcance mucha duracion, resultando además algo corta y produciendo, por consiguiente, mucha merma. Escepto estas tablas, todas las demás maderas de construccion expedidas de los puertos de este pais son de calidad inferior, lo cual proviene de que, siendo la tierra laborable poco profunda, los árboles son generalmente bajos y medran poco, de modo que los árboles altos que se encuentran dan piezas de mala calidad. Los tablones de este pais, cuyas dimensiones pasan de 0'075^{m}, por 0'175^{m}, están casi siempre parcialmente podridos, y, de no ser así, la calidad de la madera es basta y nudosa. El abeto rojo de Noruega es siempre muy jóven y lleno de savia, lo cual proviene de que los árboles no pueden alcanzar el grado de desarrollo, y separándose la savia de la parte central del árbol, se transforma entonces en madera perfecta.

Otro de los defectos de la madera de construccion de Noruega consiste en las grietas de la madera, por cuyo motivo no se la puede emplear para piezas que deban resistir á la compresion. Todas estas causas hacen que no se pueda utilizar esta madera para las construcciones esmeradas, siendo preferible para ello el pino de América llamado *spruee.*

Las maderas toman sus nombres del de los puertos de embarque, sin tener en cuenta su procedencia ó lugar de su corta; así, las maderas de Gefle reciben el nombre de este puerto, como las de Arkangel en Rusia. Los paises de produccion del pino en Europa son: Suecia, Noruega, Finlandia y Rusia, paises cuyo clima es muy á propósito para el abeto, por la gran duracion del invierno, durante el cual la savia permanece en el árbol; y como además está seguido de un verano corto y caluroso, esto favorece su crecimiento y madurez.

Las mejores maderas de construccion de Suecia son las que se embarcan en los puertos de Gefle, Soderhamn, Ljiesme y

Stockolmo, situados todos ellos en el golfo de Bothnie, entre los 58 y 62 grados de latitud.

Las mejores maderas rusas y finlandesas se embarcan en los puertos de Arkangel, Onega, San Petersburgo, Bjorneburg y Wyburg.

La madera que generalmente se emplea con preferencia para tablones es el abeto rojo, á causa de la resina que contiene y que la hace mucho más duradera que la madera blanca ó que el spruee de América, pero resulta á un precio más alto que el de estas últimas.

En general, los arquitectos deben especificar la clase de madera que deseen se emplee en sus construcciones, sin entrar en otros detalles.

Las maderas de abeto rojo que se reciben provienen principalmente de Memel y Dantzig y otros puertos suecos, siendo el primero mejor bajo todos conceptos, si bien se emplea más el segundo á causa de la mayor escuadria y menor coste que las primeras. Los troncos de Suecia no son tan gruesos como los dos anteriores; su calidad es buena y su precio muy razonable; sin embargo, tienen cierta tendencia á podrirse, siendo su madera menos nutrida y no tan duradera como la de Dantzig.

El *pino amarillo* de América se recibe escuadreado ó en bruto, empleándosele muy especialmente para carpinteria de taller.

El abeto escuadreado no se le emplea nunca para recibir carga, para lo cual no presta ninguna utilidad; los troncos sin escuadrear se les emplea, no obstante, para vigas; pero se les ha abandonado casi completamente desde que se conoce el melis, que es mucho más resistente á la flexion. La ventaja de las vigas de pino amarillo sobre las de melis, estriba en que el primero es más ligero que el segundo, y que sus troncos tienen en general menos brotes que el melis; luego el pino amarillo ofrece más ventajas que el melis si se le emplea en vigas de mucha longitud.

El pino amarillo es más tenaz que el melis á causa de la sangradura que se practica en éste, que muchas veces le rompe en redondo, debido á la carga que soporta. Esta madera se recomienda para las obras de interior, tales como puertas, artesonados y molduras; se presta igualmente á un acabado más perfecto que el pino europeo, y no está tan propenso á las influencias de la humedad y del calor como los abetos blancos y rojos de Europa.

Además, ya se sabe que de todas las maderas conocidas el pino es la que mejor recibe la pintura.

Debe desconfiarse de las maderas escuadreadas que se embarcan en los puertos de Miramichi y Richbucto, que son muy inferiores á las que se expiden por el puerto de Quebec.

Melis.—En general ésta es una madera de buena calidad y no de mucho coste, teniendo la ventaja de ser la que tiene menos defectos naturales; sus troncos se desbastan con facilidad, y la madera que resulta es muy sana y muy limpia.

El melis llega á Europa bajo dos formas, ó desbastado á sierra ó con el hacha.

Los defectos de esta madera son su peso considerable, sus nudos y su falta de resistencia.

Spruee ó abeto.—Esta madera se recibe en forma de tablones, de viguetas ó de latas. Resiste bien á la flexion y resulta á bajo precio, expidiéndosela desbastada en dimensiones del comercio. Las inmensas importaciones de esta madera en Inglaterra hacen que su precio sea allí muy poco importante, de modo que se prefiere á cualquier otra madera, tanto para las cubiertas como para vigas de piso. Si se le coloca en una atmósfera preservada de la humedad, se obtienen todas las cualidades que puede apetecer el constructor.

La madera de spruee sana resiste muy bien á la flexion y á la traccion, pero no obstante la humedad la hace susceptible de pudrirse.

Muchos son los arquitectos que la eligen para madera de parquet en las fábricas, sobre todo en aquellas en las cuales el trabajador lleva zapatos claveteados ó zuecos.

Las maderas blancas de Suecia, de Rusia y de Noruega duran menos y sólo resisten si se las cubre con telas.

Las maderas de América se recomiendan muy particularmente para las ciudades próximas al Atlántico á causa del precio de transporte hácia el interior.

Hasta aquí se ha tratado de las maderas bajo el punto de vista de lo que interesa al arquitecto para que pueda prescribir el empleo de tal ó cual madera, segun el uso más apropiado que le convenga hacer de ella, dejando al contratista la parte relativa á su eleccíon segun la clase, lo cual depende del precio á que se encuentra en el mercado. Ante todo es indispensable que el arquitecto conozca el nombre de la madera en general, para no exponerse á percances en su empleo, y estudiarla en lo que permita el vasto campo que ofrece hoy dia el problema de su duracion, su resistencia, su precio y la manera de apropiarla al sinnúmero de aplicaciones que diariamente se ejecutan. El cambio en las dimensiones, bajo las cuales se la expide, no obedece tanto á la moda como al deseo de responder á las múltiples necesidades del dia. ¡Los industriales dedicados al aserrado mecánico de las maderas han comprendido, aunque tarde, las ventajas económícas y pecuniarias que les suministra el desbaste subordinado á dimensiones comerciales, atendiendo al propio tiempo á los deseos y necesidades de los constructores con relacion á estas mismas dimensiones, para no experimentar mermas y tener que almacenar longitudes y escuadrias de dificil salida.

A pesar de esto subsisten aun formas altamente desventajosas, como por ejemplo, las de la *caoba*. Cualquier ebanista y carpintero sabe que la mejor madera de caoba es la parte exterior del tronco, de modo que el sistema de escuadrear los troncos da una gran pérdida en madera buena, y á pesar de ello se persiste aun hoy dia en escuadrearla, lo cual debe obedecer sin duda á la ventaja que presenta esta forma para el embarque. De persistir en ello, á lo menos deberia adoptarse el escuadreado octogonal, que se presentará tambien muy cómodo para los armadores que la expiden y no dará tanta merma.

Las pérdidas que se producen en la madera se deben al pedido de vigas de *secciones no corrientes*, esto es: Tómase por ejemplo un tronco escuadreado de o'3o^{m} de seccion. Si la seccion *no es corriente*, las vigas podran tener o'3o^{m} por o'25^{m} ó o'3o^{m} por o'12^{m}, lo cual da una pérdida de o'3o^{m} por o'15^{m} en el primer caso, y de o'3o^{m} por o'16^{m} en el segundo caso; mientras que desbastándolas á o'3o^{m} por o'15^{m} ó á o'3o^{m} por o'10^{m}, ó á o'3o^{m} por o'2o^{m}, resultan *vigas corrientes ó á medida* por obtenerlas con el hacha ó con la sierra sin pérdida de madera.

Generalmente se cree que las piezas procedentes de las vigas de seccion no corriente pueden utilizarse en las construcciones, lo cual, en tésis general es un error, puesto que sólo sirven para combustible. Por otra parte, no deben pedirse nunca las vigas más largas que la luz que deban tener, puesto que el precio de la madera se paga por el cubo que arroja, lo cual se aplica igualmente al esceso en seccion.

En varias ocasiones se ha planteado la cuestion de conocer si las tablas de parquet de mucho ancho son de empleo más económicas que las estrechas. Las dimensiones de o'o25^{m} por o'175^{m} son las medidas corrientes para esta clase de madera, lo cual motiva un consumo considerable

y un precio relativamente bajo. La diferencia de précio entre un entarimado de 0'025^{m} por 0'175^{m}, y otro de 0'025^{m} por 0'125^{m} se encuentra en la relacion de 20 ó á 25. Por el contrario, la economia en el consumo primero de un entarimado de tablas de 0'125^{m} de ancho es muy notable. Empleando tablas de 0'175^{m} resulta en cada una de ellas una pérdida de madera de 0'015^{m} á 0'013^{m}, como en las de 0'125^{m}, lo cual estimando el mínimo ó 0'013^{m}, arroja un décimo de pérdida para la tabla de 0'125^{m} y un catorceavo para la de 0'175^{m}.

En general, las sierras mecánicas inglesas toman 0'015^{m} á las tablas para la ranura y lengüeta, lo cual se esplica para el caso del pino spruee, cuyas tablas rara vez tienen los bordes paralelos; en cualquier otra clase basta tomar 0'012^{m}. De todos modos, y atendida esta particularidad, los constructores deben especificar esta pérdida como máximo al hacer los pedidos.

La pérdida de madera experimentada por el empleo de tablas estrechas en vez de tablas anchas para parquets, arrastra consigo el mayor gasto en puntas para clavarlas, cuya relacion es de 7 : 5; debiéndose añadir además el mayor tiempo empleado por el operario, todo lo cual hace que á pesar de su mayor precio sean más ventajosas las tablas anchas.

Es verdad que una tabla de parquet de 0'125^{m} es más fácil de manejar que una de 0'175^{m}, pero la experiencia enseña que se emplea el mismo tiempo en colocar una ú otra; y si alguna diferencia hubiese seria muy insignificante; además de que es evidente que un parquet de tablas anchas se construye mucho más pronto que el mismo parquet de tablas estrechas. Así pues, empleando tablas estrechas, se considerarán como pérdidas: 1.° una pérdida de madera ocasionada por la ranura y la lengüeta; 2.° el mayor gasto en puntas ocasionado por el mayor número de juntas; 3.° la pérdida de tiempo empleado en hundir estas puntas y la del manejo de las tablas. Además de esto, debe considerarse el mayor número de juntas procedentes del empleo de tablas estrechas.

Bien calculado todo, el menor coste que tienen las tablas estrechas, evaluado en $^{1}/_{5}$, no queda compensado por todos estos sobregastos; luego, son preferibles las tablas anchas. Téngase en cuenta que aquí sólo se ha atendido al gasto, que en cuanto á la bondad del entarimado, es preferible siempre el empleo de tablas estrechas.

Los tablones de madera blanca escuadreados, de 0'10^{m} ó 4 pulgadas son más difíciles de encontrar que los de 0'075^{m} ó 3 pulgadas, por ser más dificil de desbastar de un tronco de arbol un tablon grande que uno mediano. Si se va corriendo la escala de la primera tabla, se encuentra tambien que las vigas de 3 pulgadas por 11 y 9 son más costosas en proporcion que las viguetas de 3 por 7 y $^{1}/_{2}$ por 7.

La diferencia de valor entre los tablones y las viguetas varia de 10 por 100 á 15 por 100, llamando *tablon* á toda madera aserrada que tenga de 7 á 10 centímetros por 17 centímetros de seccion, y *viguetas* á la madera aserrada que tenga menos de 7 centímetros por menos de 17 centímetros de seccion.

La madera aserrada de menos de 7 centímetros de grueso, se llama *tabla*; las maderas de seccion cuadrada de poco lado se llaman *latas*.

Preparacion de las maderas de construccion

Este es uno de los asuntos al cual los especialistas han prestado la mayor atencion, tratándola sin embargo más bien teórica que prácticamente, sin establecer comparacion de ninguna clase, y descuidando puntos de verdadera importancia material.

Antes de principiar las recientes inves-

tigaciones, será muy conveniente que se conozca el verdadero interés real de la preparacion de la madera. Es una nocion ya admitida que por el procedimiento de la preparacion se produce un efecto químico extraordinario en el jugo y la savia de esta sustancia; con todo, las teorias emitidas por los inteligentes ofrecen muy poco interés para los que tratan la madera como material de construccion.

La madera debe recibir una preparacion, y, por lo tanto, debe conocerse ante todo el método que sea mejor y más económico para obtener el resultado que se desee. Lo que generalmente se entiende por preparacion de la madera consiste simplemente en hacerla secar.

La madera no puede secarse más que haciéndole perder la humedad que contiene, y por ser un cuerpo elástico se va contrayendo á medida que se va desalojando aquélla; mas como posee cualidades absorbentes, si se la coloca en ciertas condiciones es natural que absorberá y conservará la humedad. Así, si se coloca la madera completamente seca en una casa húmeda, absorberá la humedad de la obra, y, por ser elástica, irá aumentando de volúmen en una proporcion igual á la cantidad de humedad absorbida. Al secar el edificio, irá igualmente secando la madera, produciéndose, por efecto de la dilatacion primero y por la contraccion despues, cierto número de hendeduras muy perjudiciales, cuyas hendeduras serán tanto mayores cuanto menos seca sea la madera en el acto de colocarla en obra.

Las maderas que se coloquen en una construccion nueva, y, por consiguiente húmeda, deben cubrirse con una capa de pintura antes de colocarlas, para que, así preparadas, no absorban humedad.

Estas observaciones dan lugar á la siguiente cuestion: Porqué las maderas que no están cubiertas con una capa de pintura no experimentan contínuamente un cambio sucesivo de dilatacion y de contraccion. La cuestion no es muy difícil de resolver.

Generalmente se sabe que la madera en estado de árbol, se cubre de una corteza muy fina siempre que alguna de sus partes recibe daño. Así, si se corta la rama de un árbol, la parte atacada perderá durante algun tiempo la savia; mas como la naturaleza tiene siempre á su alcance medios de conservacion, se va formando sobre la parte perjudicada una corteza muy fina que impide la salida de dicha savia, cuyos fenómenos, que se producen en la madera en estado vegetal, se repiten hasta cierto punto en la madera muerta, como lo prueban los parquets, por ejemplo, que han permanecido colocados por espacio de varios años, los cuales si se les cepilla de nuevo, experimentan una segunda contraccion ó dilatacion, segun se encuentren en una atmósfera seca ó húmeda. Luego, para preparar la madera basta secarla, es decir, extraer la humedad que contenga, por cuyo motivo, sea cual fuere el objeto práctico que se proponga, debe buscarse, primeramente, el grado de preparacion. Para esto último deben tenerse siempre á la vista las necesidades de los varios empleos que debe darse á la madera.

Las maderas de construccion que llegan del extranjero reciben cierta preparacion antes de atravesar el mar. Las maderas recien cortadas no deben embarcarse inmediatamente á menos que puedan estivarse de modo que el aire circule contínuamente por ellas; que de no ser así, principiaria á moverse interiormente, cubriéndose de moho y, por lo tanto, perderia completamente el color, y con ello igualmente su estima. Para evitarlo, se colocan por algun tiempo las maderas en tinglados bien espaciosos, embarcándola despues, con cuya preparacion llegan generalmente en escelentes condiciones de aspecto y color.

Las grandes piezas de madera que llegan del extranjero se emplean en la car-

pinteria de armar, para lo cual no necesitan más preparacion que la que reciben antes del transporte. Es un gran error suponer sea de mejores condiciones la madera vieja para la carpinteria de armar, como tambien el creer que esta madera viene ya preparada, y que es conveniente que lo sea, puesto que la experiencia ha demostrado lo contrario. Por otra parte, es evidente que la madera vieja está siempre más ó menos averiada.

Por regla general la madera de abeto se la almacena apilándola simplemente sin gran cuidado, sin resguardarla de ningun modo contra las intemperies, lo cual es muy mal sistema; y lo que debe hacerse es, á lo menos, apilarla de modo que pueda circular el aire por ella, y evitar que la humedad pueda extenderse por su superficie, que de otro modo se destruiria con facilidad.

Las maderas de abeto expuestas á la accion del sol se hienden, y al recibir luego la lluvia la humedad penetra en las hendeduras, aumentándolas en invierno por efecto de las heladas, resultando siempre mucho más perjudicadas las maderas viejas.

La única madera que debe prepararse es la destinada á la ebanisteria, de suerte que el problema consiste únicamente en conocer la mejor preparacion que deba dársele.

Tocante á ello hay dos puntos importantes que deben estudiarse. Primeramente se debe dejar secar la madera; en segundo lugar no debe averiarse en lo más mínimo durante la desecacion, cuyos daños son debidos al sol, á la lluvia, á las heladas y tambien al polvo procedente de las calles ó caminos próximos á ella; por lo tanto, para evitar estos inconvenientes, lo mejor es apilarla debajo de una cubierta ó tinglado.

Este tinglado debe estar abierto por sus cuatro caras para que pueda circular libremente el aire por entre las piezas; así pues, la única parte importante es la cubierta, la cual debe estar muy bien construida y completamente plana, en cuyos bordes se colocarán colisas para evitar los rayos del sol y lluvia inclinada. Conviene mucho que el tinglado se emplace en un sítio despejado para que el agente más importante de la preparacion, como es el aire, pueda circular sin dificultad alguna, debiendo observarse que con cuanta más fuerza sople el viento mejor será la preparacion.

Las piezas de madera deben estar separadas unas de otras con la mayor regularidad por medio de travesaños unidos, siendo lo mejor colocar las piezas en posicion horizontal para que no trabajen ni se tuerzan durante su desecacion. Las piezas de dimensiones distintas deberán apilarse por separado, sin que en ningun caso queden las extremidades que sobresalgan de las piezas más largas sin apoyo, para que no se tuerzan, debiéndose tener siempre presente que estas piezas de madera destinadas á la ebanisteria, por ser de clase superior, exigen una preparacion más perfecta.

Las tablas de parquet pueden recibir la preparacion al aire libre siempre que no sea posible cobijarlas, pero siempre es mejor resguardarlas por poco que se pueda, debiendo tenerse mucho cuidado en colocarlas derechas, de dos en dos, las caras buenas en contacto, y no horizontalmente, para que la humedad no permanezca en ellas al producirse, evitándose así un segundo cepillado.

Para ciertos usos, tales como la fabricacion de molduras, la madera debe estar completamente seca, para lo cual puede utilizarse el horno.

No basta que el carpintero haya elegido la madera en buenas condiciones, es preciso que atienda luego á su conservacion; y como al emplearla debe estar bien seca, debe hacer provision de ella en cantidad y en dimensiones distintas,

tanto para tener la seguridad de su estado de desecacion, como para emplear las medidas más apropiadas á los varios objetos que deba trabajar para que no le produzcan merma.

Los almacenes destinados á la conservacion de las maderas no deben estar situados ni muy altos ni muy bajos, ni debe haber á su alrededor plantaciones de árboles para que durante la caida de las hojas no se vayan apilando éstas en la cubierta y obstruyan el paso de las aguas de lluvia, con lo cual, reteniendo el agua, pudririan la cubierta y los piés de los montantes.

El terreno ocupado por éstos debe ser más alto que el restante del tinglado para que las aguas no se entretengan en él; debiendo además estar bien nivelado y plano para que las piezas de asiento de los apilamientos descansen bien en el solado.

La longitud y ancho de estas piezas debe ser igual á las de la pila, que generalmente es de 1'30^{m}, dándoles el mayor grueso posible para aumentar cuanto se pueda la distancia al suelo.

La distancia entre las piezas de asiento debe ser de un metro, y sus caras superiores bien á nivel. Una vez hecho esto, se van apilando las tablas ó tablones unos sobre otros colocando las clases inferiores debajo.

El apilamiento de las maderas se practica de dos modos:

Si la madera está mojada se colocan las tablas á los dos tercios de su longitud, cuidando de separar cada fila por medio de latas, que impiden el contacto y dan más solidez á las pilas.

El segundo sistema consiste en dar á las pilas toda la longitud de las piezas, lo cual se ejecuta colocando una fila de tablas distantes igualmente unas de otras.

Tanto en uno como en otro sistema debe hacerse de modo que el ancho de las tablas y el espacio que se deja entre ellas sean iguales á su longitud; se coloca luego otra fila de tablas en el mismo órden y en sentido contrario, con lo cual se prescinde de las latas y se da más corriente de aire.

A pesar de las ventajas que presenta este sistema, no es muy conveniente dejar las tablas por mucho tiempo en esta disposicion por el peligro que puede correrse de que puedan calentarse las tablas por el contacto de unas con otras.

Desecacion de las maderas

Son varios y distintos los pareceres relativos á cuál será el mejor procedimiento que debe emplearse para la desecacion de la madera, y por los trabajos que hasta el dia se han practicado, la solucion de este problema tardará desgraciadamente mucho en resolverse, por ser una solucion difícil y delicada, que representa un gran trabajo científico, con sus indispensables y minuciosas operaciones y análisis contradictorios que forzosamente deben tener en cuenta las condiciones del clima, del sol y de la edad de las especies que se estudien, consultando al propio tiempo y comprobando todas cuantas investigaciones anteriores se hayan ejecutado.

Si, pues, esta cuestion no es probable quede resuelta en poco tiempo, no deja sin embargo de ser muy útil el conocer las observaciones nuevas que sobre el particular se den, por cuyo motivo pueden prestar mucha utilidad las notas publicadas por *The Builder* relativas á la desecacion de las maderas, cuyas notas, si bien compiladas sin método, no dejan por esto de dar á conocer indicaciones muy prácticas.

La duracion de la desecacion varia en razon de la densidad de las maderas, es decir, que cuanto más densas sean, más larga será la operacion; y, con raras escepciones, es tanto más densa la madera, cuanto mayor es el tiempo que emplea en su crecimiento. Existen sin embargo ma-

deras que no son densas, como por ejemplo el abeto *(Pinus picca L.)* que, no obstante, seca con mucha lentitud, por más que se la coloque en las condiciones más favorables para ello, lo cual puede atribuirse á la gran cantidad de resina que contiene, la cual no tan sólo hace más lenta la evaporacion, sí que tambien la detiene. Ciertas maderas tropicales, tales como la caoba, el ébano y otras, contienen muy poca cantidad de agua.

Así, la caoba, que va creciendo por espacio de 500 años, es muy densa, y por lo tanto seca con mucha lentitud y se encoge muy poco. A pesar de ello es una madera que, en contra de la opinion general, no se la debe dejar mucho tiempo en estado de tronco, por cuanto siendo su parte exterior más húmeda y menos densa, secará con más prontitud que su parte interior, y al producirse la desecacion en esta última, ejercerá una accion muy notable sobre la parte exterior ya seca.

Esta misma observacion se aplica á los troncos de cualquier especie de árbol, con tanto mayor motivo, cuanto, al verificarse la desecacion de la madera, se forma muy á menudo en el exterior como una costra que impide la evaporacion interior.

El único medio que hay para conservar la madera en estado de tronco, é impedir por lo tanto que se produzcan en su exterior los defectos que se han señalado, es cortarle longitudinalmente por su eje.

Al desbastar un tronco deben apilarse las tablas obtenidas por el mismo órden que se van aserrando, separándolas unas de otras por medio de piezas de iguales dimensiones, de unos treinta centímetros á lo más.

Hay algunas clases de madera que requieren una desecacion rápida, y otra que les es conveniente una desecacion lenta; la caoba es una de estas últimas.

El siguiente cuadro puede suministrar indicaciones muy útiles con relacion al tiempo necesario para secar la caoba, las cuales se aplican igualmente á las tablas de encina destinada á artesonados; debiéndose añadir que las tablas de separacion deben cambiarse de sitio, y las de la madera que se seca cambiarse de cara á lo menos una vez al año.

GRUESO DE LAS TABLAS	DURACION DE LA DESECACION
De 9 á 12 milímetros	12 meses
— 15 —	16 —
— 22 —	20 —
— 25 —	24 —
— 38 —	30 —
— 44 —	33 —
— 51 —	36 —
— 76 —	46 —
— 100 —	56 —

Durante la desecacion es necesario preservar la madera de la accion del sol, de la lluvia y del polvo. Para preservar las extremidades de las tablas de caoba, se acostumbra á veces clavar una ó varias tablas en el borde; pero lo mejor es que el tinglado sea suficientemente grande para evitar la accion de la intemperie.

El pino recientemente cortado contiene un 30 por 100 de agua; su densidad es entonces de 0'912; secado al aire libre, baja hasta 0'550, y si se emplean medios artificiales llega á 0'420; para el abeto estas cifras son: 0'870, 0'470 y 0'380.

Las maderas del Norte llegan en dimensiones generalmente uniformes, de modo que su desecacion no presenta ninguna dificultad.

Los carpinteros deben tener mucho cuidado en secar bien la madera de abeto que generalmente emplean, y no tan sólo esto, sí que tambien deben impedir que las tablas puedan deformarse y ensuciarse cubriéndose con hollin y polvo.

Ofrece tambien mucho interés y tiene su importancia el conservar las maderas bien limpias, lo cual se practica desde que la navegacion por vapor se ocupa en su transporte. Gracias á la rapidez en las travesias, las maderas no tienen tiempo de calentarse; además, los vapores casi

nunca colocan la madera en el puente, y por lo tanto no puede alcanzarla el agua ni hacerle perder el color, ofreciéndose de este modo el cargamento completamente uniforme.

Es un error suponer que las maderas no se deterioran colocadas en depósitos descubiertos, como pueden responder de ello los negociantes que las tienen en esta disposicion si las comparan con otras colocadas á cubierto, pues verán la gran diferencia que existe entre unas y otras de igual especie, tanto en color, limpieza y calidad.

El procedimiento que se emplea para la desecacion del abeto es idéntico que el ya indicado para la caoba, con la sola diferencia que se le debe resguardar de la accion del viento; por cuanto, deteriorándose rápidamente esta madera al aire libre, es conveniente evitar las influencias atmosféricas, para poderla emplear en trabajos de interior.

El pino rojo seca con mucha dificultad, por cuanto, siendo muy variables las dimensiones de esta madera, no seria posible emplear el mismo procedimiento que para el abeto; pues se comprende que las tablas más largas ejercerian presion sobre las extremidades de las más cortas, curvándose todas. Lo más comun es colocarlas derechas; pero por poco grietada que esté la madera, y los mejores pinos rojos de Arkangel y de Onega tienen este defecto, la lluvia penetra por estas grietas abriéndolas, mayormente si sobrevienen heladas, que entonces ya casi no es posible aprovechar la madera. De esto se deduce que el pino rojo debe secarse á cubierto, sin prescindir sin embargo de la accion del viento.

Todas las maderas del Báltico secan con rapidez; mas como estas especies pierden prontamente sus cualidades bajo la accion de la lluvia, de las heladas y del sol, es preferible activar la desecacion cuanto se pueda.

Los medios artificiales de desecacion no es conveniente aplicarlos á las maderas blancas, puesto que se alabean fácilmente bajo la accion del calor. Estas maderas endurecen mucho si se las espone al aire libre, lo cual se debe á que la evaporacion une sus fibras, cuyo grano es escesivamente esponjoso.

Las maderas destinadas á parquets deben colocarse derechas, en un sitio elevado y dispuestas de modo que el aire circule con facilidad entre las piezas, que así se secarán más prontamente. Debe cuidarse de que su extremidad inferior no toque al suelo; y en cuanto á su colocacion, se distribuirán por grupos de longitudes distintas que van apoyando unos sobre otros de mayor á menor para impedir que las piezas más largas se curven ó se alabeen durante la desecacion. Con el objeto de conservar la limpieza debida á las caras de estas piezas de parquet, es indispensable que las caras de paramentos que debe quedar visto estén en contacto dos á dos, lo cual no impide de ningun modo la desecacion, evitándose así al propio tiempo el tener que raspar ó cepillar el parquet una vez colocado, que es la operacion que ofrece más dificultades.

Anteriormente se ha observado que el cepillado de un entramado de parquet ya antiguo ocasiona muchas veces una contraccion tan notable de las tablas, que con frecuencia es preciso renovarlo. Esta contraccion se debe á que el cepillado quita la costra ó capa resistente formada durante la desecacion, evitando así sus movimientos; por lo tanto debe evitarse cuanto se pueda esta operacion.

El procedimiento de desecacion que consiste en apilar las maderas destinadas á parquets en forma de triángulo, es muy perjudicial, puesto que, dispuestas así las piezas, retienen mucho el agua de lluvia, la cual se deposita en la gran cavidad ó pozo que forman; á más de que todas las partes de contacto ó de apoyo de unas

piezas con otras secan muy difícilmente; y por último, porque, atendida su longitud, tienden mucho á curvarse y alabearse durante la desecacion.

En cuanto á las maderas de grano irregular, si bien se ha reconocido la tendencia muy pronunciada que tienen en alabearse durante la desecacion, se pueden evitar sin embargo estas deformaciones, equilibrándolas con cuidado y observándolas á menudo durante la operacion; las maderas de grano regular se alabean igualmente si no se evita que se curven en el momento de la desecacion.

De todo lo que precede se deduce que, sea cual fuere el procedimiento que se emplee para el apilamiento de las maderas que se quieran secar, por más cuidado, reflexion é inteligencia con que se proceda, nunca será suficiente.

DIMENSIONES COMERCIALES DE VARIAS CLASES DE MADERA

Encina para buques

Tablas de	0'027	metros de	espesor bruto.
—	0'034	—	—
—	0'041	—	—

Las longitudes y anchos en particular son muy variables.

Encina comun.—Dimensiones comerciales

Tabla de	0'013^{m}	de grueso por	0'23^{m}	de ancho.
—	0'016	—	0'23	—
—	0'020	—	0'22	—
—	0'027	—	0'23	—
—	0'034	—	0'23	—
—	0'041	—	0'22	—
—	0'054	—	0'32	—
—	0'075	—	0'22	—
—	0'080	—	0'15	—
—	0'110	—	0'32	—
—	0'080	—	0'08	—

Las longitudes varian desde 1 metro hasta 5 metros por divisiones intermedias de 25 en 25 centímetros.

Encina del Norte (ó de Holanda)

A causa del modo como se desbasta paralelamente á las fibras, es decir, con tendencia al corazon de la madera, esta madera no se la puede clasificar de una manera fija é invariable, por cuyo motivo se notan variaciones sensibles en sus dimensiones principales.

Su venta se verifica siempre por metro superficial, cuyo precio se basa en los siguientes espesores medios:

Tabla de	0'012	metros de grueso.
—	0'015	—
—	0'025	—
—	0'030	—
—	0'038	—
—	0'050	—
—	0'070	—
—	0'100	—

Los anchos correspondientes á cada uno de estos gruesos varian entre 0'15^{m} y 0'35^{m}.

Las longitudes aumentan de 0'25^{m} á partir de 1^{m}.

Encina para duelas

Esta clase de madera se hiende con el hacha paralelamente á las fibras, no teniendo ni longitudes ni anchos fijos. Las dimensiones que se indican son las más comunes y las más extendidas en el comercio:

Ancho comun de.	0'14^{m}	á	0'16^{m}
Grueso vario entre. . .	0'07	á	0'10
Longitud máxima. . . .			3'00

Madera de abeto para buques

Madera estrecha, escuadreada para rellenos 0'027^{m} de grueso y 0'15^{m} á 0'16^{m} de ancho.

Mad. comun	0'027^{m}	de grueso;	long. y ancho variables		
—	0'034	—	—	—	
—	0'041	—	—	—	
—	0'054	por 0'36^{m} de ancho y		17^{m}	largo.
—	0'065	— 0'33	—	17'50	—
—	0'080	— 0'32	—	16	—

Abeto de Lorena

Tabla de	0'013^{m} de grueso	por	0'22^{m} ó 0'32^{m}	de ancho.
—	0'027	—	0'22 ó 0'32	—
—	0'034	—	0'32	
—	0'041			

Tablon de 0'054^{m} á 0'065^{m} de grueso por 0'22^{m} de largo.

Esta madera generalmente se vende en longitudes de 4 metros.

Abeto del Norte (blanco ó rojo).

Tabla de	0'013^{m} de grueso	por	0'22^{m}	de ancho.
—	0'020	—	0'22	—
—	0'027	—	0'22	—
—	0'034	—	0'22	—
—	0'080	—	0'22	—
—	0'100	—	0'22	—
—	0'40 á 0'65	—	0'17	—
—	0'80	—	0'08	—

Esta madera se vende aun hoy dia tomando por tipo generalmente el pié lineal á partir de la longitud habitual de tres metros.

Madera de chopo

Esta madera se obtiene generalmente en tablas.

Tabla de	0'020^{m} de grueso	por	0'22^{m}	de ancho.
—	0'050	—	0'22	—

Las longitudes varian entre 2'50 metros y 3 metros.

DESBASTE DE LAS MADERAS

Desbaste de las maderas

Las maderas se pueden desbastar de dos modos, de canto y de plano. El primer sistema consiste en cortarla por el espesor de la tabla, la cual se emplea en trabajos que requieran poco grueso.

La madera desbastada de plano se corta por su ancho y sirve para montantes, largueros, travesaños, etc.

Para cortarla de plano deben elegirse las tablas más rectas, sin nudos ni hendeduras y que tengan buen color. De entre las tablas más á propósito para cortarlas de plano, deben emplearse preferentemente aquellas cuya superficie sea paralela á los radios que van del centro á la circunferencia, por cuanto están menos expuestas á movimientos, el aire y la humedad penetra con más dificultad en ellas, y la savia contenida en los radios del árbol obra simplemente en el grueso, mientras que cortadas en el último sentido se produce en el ancho; este es el motivo por el cual los toneleros emplean la madera hendida á hilo.

La única dificultad que presenta la madera cortada de este modo, consiste en el pulimento el cual se ejecuta con más dificultad, debido á que, cortados los árboles por su grueso, se forman en las superficies partes duras muy difíciles de igualar y que muchas veces saltan formando huecos.

En la madera verde, las mallas están unidas, su color es rojizo con un ligero tinte violáceo, mientras que cuando es bien seca son de un blanco amarillento.

Como se acaba de decir, la madera cortada á hilo lo ejecuta paralelamente á los radios del árbol, los cuales no son más que prolongaciones del tejido vascular, que unen y cortan los círculos concéntricos formados por las capas anulares. Cuando los árboles están cortados en todo su ancho para formar tablas, las que pasan por el centro son á hilo, y á medida que se van alejando de él, las más próximas á la circunferencia del árbol resultan en sentido contrario, es decir, paralelas á los círculos concéntricos.

Aserraje de las maderas

Nunca se presentará mejor la malla de la madera que cuando se la sierra en sentido de los radios que van del centro á la

circunferencia. Esta cualidad, que es indispensable para las obras aparentes de arte, es de la más alta importancia con relacion á su estabilidad; por cuanto, las tablas cortadas de este modo no son tan propensas á abarquillarse ni alabearse, ni las afecta tanto la variabilidad higrométrica.

En los primeros capítulos de esta obra se ha tratado con la debida extension de todo cuanto concierne á la madera, ya si se la considera en estado de árbol, ya como materia disponible para la carpintería; así pues, todo cuanto se acaba de exponer ahora puede considerarse como ampliacion á lo dicho entonces; y si bien quizás se han repetido algunos conceptos, aun que en otra forma, no por esto dejan de tener estos últimos su importancia, pues por más que se insista sobre este particular, nunca será lo bastante, atendida la importancia que para el carpintero tiene el conocimiento de todo cuanto atañe á la madera que, en sus múltiples aplicaciones, ofrece problemas, no tan sencillos como á primera vista parece, sino problemas que únicamente una gran práctica basada en la comparacion puede resolver, juntamente con ciertos conocimientos especiales, sobre las varias clases de madera, sus diferentes cualidades, su corta, su direccion, su conservacion, resistencia, flexibilidad, etc., etc.

En el capítulo siguiente se expondrán los procedimientos más modernos relativos á los colores y barnices con que se cubren las maderas, su pulimento y medios especiales para su restauracion, con otras particularidades que el carpintero no debe desconocer.

CAPÍTULO LXII

PROCEDIMIENTOS RELATIVOS Á LAS MADERAS Y PIEZAS DE EBANISTERIA

EMBUTIDOS

Cuando se deba adornar un mueble cualquiera, se le barniza como se acostumbra, procurando que la capa de barniz no sea muy grasa; se le pinta luego con color al óleo, trazando la ornamentacion que se tenga proyectada y de modo que el dibujo no destaque demasiado. Se le deja secar por espacio de algunos dias y se le barniza de nuevo.

Los muebles tratados de este modo, si están bien ejecutados, imitan muy bien el verdadero embutido, resultando mucho más económicos.

Supóngase que se tenga un tablero de encina que se quiera que imite el nogal. Para ello se le dará primeramente una mano de aceite, sobre la cual, una vez seca, se le aplica otra de color al temple; luego se calca el dibujo que se quiera reproducir imitando el nogal; se cubre este dibujo con un barniz muy secante; cuando éste está seco se quita la capa al temple que no ha sido mojada con el barniz, por medio de una esponja impregnada de agua. Por este procedimiento pueden imitarse tambien las incrustaciones de cualquier material.

PROCEDIMIENTO PARA APLICAR EL EMBUTIDO

Una de las operaciones más difíciles del embutido consiste en encolar exactamente el dibujo en la madera destinada á recibirle.

Para ejecutarlo se pasa primeramente el cepillo dentado, se da luego una capa de cola fuerte muy clara y muy caliente tanto á la madera como á las piezas que se quieran aplicar, uniéndolas inmediatamente. Se aplica luego un hierro caliente haciéndole mover en todos sentidos, para que la cola se infiltre bien en todos los puntos y forme un todo bien

compacto, despues de lo cual se comprime todo, dejándole en esta disposicion por espacio de algunas horas.

Fabricacion y multiplicacion mecánica del embutido de mosaico

Este procedimiento consiste en emplear bastoncillos de las formas y colores que se deseen, que se reunen y yuxtaponen paralelamente en sentido de su longitud, con relacion al dibujo y dimensiones que se quieran reproducir, los cuales se encolan unos con otros sólidamente para que formen una sola masa compacta. En esta disposicion no hay más que aserrarlos en sentido perpendicular á su longitud, con lo cual se obtienen más ó menos ejemplares ó reproducciones del dibujo de la superficie, segun el número de tablas que se obtengan.

Observaciones generales relativas al trabajo del operario en embutidos

Las principales cualidades del operario de embutidos son el saber dibujar bien, y tener mucha paciencia; á esto se reduce casi todo su talento, y los procedimientos de su arte son en estremo sencillos.

Corta las láminas de madera, de nacar ó de concha que necesita segun una plantilla que traza anteriormente, que encola sobre la chapa que quiere cortar, empleando para ello, ya sea un formon bien cortante ó una sierra de relojero, cuya montura es muy curvada para que el movimiento sea más fácil y cuya hoja regularmente se hace de un resorte de péndulo de dentadura muy fina en su canto, casi recta y sin camino. Cuando para cortar emplea la sierra, sujeta la pieza en una especie de tornillo de mordazas elásticas.

Se da el nombre de filetes á unas tiras muy largas y muy delgadas de una sustancia cualquiera incrustadas en la obra, de manera que forme una especie de cuadro. Para obtener esta clase de filetes de manera que sus cortes sean bien paralelos entre sí, debe acudirse á un procedimiento particular. El gramil de punta cortante es el instrumento que debe emplear; pero como es enteramente imposible hacerlo correr por el canto de una pieza tan delgada de ébano ó de marfil, se suple de la manera siguiente: se ahueca en una fuerte tabla, cuyo corte es bien recto, un galce cuya superficie horizontal es bien plana y tiene de ancho 54 milímetros (2 pulgadas) á lo menos. La superficie vertical debe estar bien á plomo, se halla algo elevada é importa que esta parte saliente sea por todo del mismo grueso. Se coloca en el galce la chapa de la cual se quieren hacer los filetes, y se apoya contra la pared vertical, y despues se hace correr el gramil sobre la parte saliente apoyando su varilla sobre de la superficie superior de esta salida, y su cabeza contra la superficie esterna; la parte saliente del galce forma verdaderamente una regla fija colocada entre la chapa y la cabeza del gramil para guiar este instrumento.

Para acabar sobre la obra las varias piezas que componen el mosaico, se empieza por encolarlas en una hoja de papel muy fuerte y muy liso, volviendo del lado del papel la superficie que debe ser visible. Cuando las partes del dibujo se hallan así aproximadas, se deja secar el todo y despues se chapea á martillo de la manera comun, haciendo correr ligeramente la pena sobre el papel; ó bien se pone á la prensa por medio de una cala un poco caliente; como es difícil llegar á poner todas las piezas del mosaico del mismo grueso, y como la salida de las unas seria un obstáculo porque la cala comprimiria las otras, se pone entre ésta y la otra unos lienzos con muchas dobleces; cuando el chapeado se halla bien seco se quita el papel y la cola, y segun sea el embutido se pule por medio de limas ó con el cepillo de dientes.

Colar para las incrustaciones.

Como los embutidos se componen de un gran número de piezas, y éstas tienen muchos ángulos que podrian levantarse, debe emplearse una cola muy fuerte. La cola de pescado, que se corta en pequeños pedazos y se hace ablandar en el aguardiente y se derrite al baño maria, es la que emplean con preferencia los ebanistas. No obstante, la composicion siguiente es aun más eficaz.

Se tomará cola de pescado cortada en pequeños pedacitos y se pone en infusion por espacio de veinte y cuatro horas en buen aguardiente tibio; enseguida se le añade espíritu de vino, en el cual se han hecho disolver 4 granos (1 adarme) de goma amoníaco por 31 gramos (1 onza) de espíritu de vino, y 4 granos (1 adarme) de resina almáciga; el todo reducido á polvo. Se añaden á esta disolucion dos cabezas de ajo picadas y 4 granos (1 adarme) de cola de Flandes reducida á polvo; se pone al fuego y se deja hasta que hierva y que la disolucion de las materias sea completa; entonces se retira del fuego y se pasa por un lienzo; si cuando se ha pasado se le quiere dar más tenacidad, se le añadirán dos adarmes de cal de estaño por 31 granos (1 onza) de cola, se conservará esta almáciga en una botella de vidrio bien tapada; cuando se quiera emplear se calentará la botella al baño maria y tambien se calienta la chapa.

Detalles de las principales operaciones relativas á los embutidos.

Sin entrar en detalles de todos los muebles adornados con incrustaciones, vamos á indicar: 1.° La manera de preparar los armazones destinados á recibir las incrustaciones. 2.° El cuidado que debe tomarse para poner estas piezas de un grueso igual. 3.° El cortar las piezas circulares. 4.° El procedimiento para sombrear las hojas y flores. 5.° La manera de representar las flores y arabescos. 6.° Los medios de acabar y gravar los adornos de madera sobrepuestos.

Manera de preparar los armazones para recibir las incrustaciones.

Esta operacion es en su fondo bastante sencilla, porque se trata solamente de ahuecar el armazon en el lugar necesario para recibir las piezas que se deben incrustar. A pesar de algunas dificultades de ejecucion, debe operarse casi del mismo modo, por los huecos que deben hacerse en línea recta, por los de líneas curvas, ó por las que son irregulares.

El operario empezará por aplicar bien el patron sobre la parte del mueble que debe ahuecar; por lo que despues de haber trazado un calcado perfectamente exacto, espolvoreará el revés con un poco de polvo de bermellon, lo aplicará enseguida sobre la superficie del mueble y lo mantendrá bien récio; despues trazará todos los contornos con un punzon de marfil; de esta manera todas las líneas quedarán señaladas sobre el mueble con la mayor exactitud, y esto es lo que deberá cortar; hay operarios que prefieren encolar el dibujo sobre el mueble y despues cortarlo junto.

Para hacerlo, el operario toma el cuchillo de corte, instrumento cuyo mango tiene 18 pulgadas de longitud; lo toma con las dos manos un poco sobre del hierro, y lo apoya sobre el hombro, y dirige el instrumento hundiéndolo en la madera teniéndolo un poco inclinado y tirando siempre hácia sí.

Pero este medio, en apariencia tan fácil, tiene muchas dificultades, porque la desigualdad de los hilos de la madera hace desviar el cuchillo, y entonces no es muy fácil seguir un contorno de cierta longitud sin dejar algunos defectos ó producir astillas.

Por cuidado que se tome para impedir á este instrumento de girar, nunca es posible evitarlo; así es que no debe emplearse sino en la imposibilidad de reemplazarlo por el compás de varilla.

Generalmente estos huecos, sean en la parte de la carpinteria llena, sean sobre las partes chapeadas, se entallan con el cuchillo, se sacan con el cincel, y se trazan las líneas bien paralelas y tan profundas como es necesario.

Entonces el compás de varilla ó el gramil pueden, segun los casos, sustituir á cualquier otro instrumento para ahuecar las piezas.

Modo para poner las piezas de las incrustaciones de un grueso igual.

Se ha dicho anteriormente que era difícil el dar á todas las piezas cortadas un grueso igual; no obstante es una condicion indispensable de éxito, y el operario debe poner mucho cuidado en ello.

Los filetes cuando han sido cortados del modo que se ha dicho, se igualan de espesor por medio de un instrumento llamado *tira-filetes*. Se compone de un mango en medio del cual se halla un hierro dispuesto paralelamente á sus líneas verticales. En la parte superior se halla una palanca que sirve para apoyar el filete contra el hierro. Esta palanca se halla asegurada por un cabo en una varilla, sobre la cual se mueve á charnela y se fija en el grueso del fusto ó mango.

En el otro estremo de la palanca hay una empuñadura, y la pequeña espiga entra en el grueso que hay sobre el mango, y debe éste tener una salida del grueso de los filetes en toda la latitud del hierro para que no se obture.

Esta canal debe tener una superficie algo redondeada en toda la latitud del instrumento y hallarse guarnecida de hierro á fin de suavizar el roce y que no produzca desigualdades, que es necesario evitar, porque el hierro tomaria con desigualdad la madera, y los filetes se podrian romper.

La misma observacion es relativa á la parte inferior de la palanca, y no debe reemplazarse la guarnicion de hierro por el bronce, porque se podria calentar y ennegrecer los filetes.

Para emplear el tira-filetes se toma con la mano izquierda la empuñadura de la palanca y con la otra el filete cortado que se le hace pasar entre el instrumento y la palanca, tirando hácia sí, y no se apoya sobre la palanca sino lo necesario para que el hierro recorra el filete, que se vuelve por el otro cabo cuando el primero se halla igualado, cuidando de escoger el hilo de la madera cuando se ponen los filetes de espesor para que el hierro no los rompa.

Se igualan de espesor las partes estrechas de los embutidos por medio de entallas de madera dura y unida cuyo hilo sea bien recto. Se hace una hendedura cuya latitud es igual á la que debe tener el pedazo que se quiere poner á la medida, lo que necesita una prolongacion ó estrechez de entalla á cada pedazo. Se puede fácilmente precaver este estorbo empleando una regla móvil semejante á una paralela de grabador que no pueda moverse sino paralelamente, y asegurada en su lugar por un tornillo de presion, y así no hará entonces hendedura á la entalla por su ancho.

Las piezas más grandes se arreglan con el cepillo y la tabla de ajustar.

Corte de las piezas irregulares ó cimbradas.

Hemos indicado con brevedad el uso de la sierra para los embutidos y de la herramienta para el corte de las piezas complicadas que son necesarias segun los dibujos; por lo tanto daremos ahora la esplicacion del otro instrumento cuyo uso es muy importante.

La sierra para esta clase de operaciones se halla compuesta de un armazon de hierro de dos mordazas que sirven para tener la lámina de la sierra, y de un mango cuya parte extrema se halla montada con tornillos para estirar la sierra lo que sea necesario.

El interior de las mordazas debe ser cortado como una lima á fin de sostener mejor la hoja de la sierra; y es útil que una parte de la mordaza entre con una entalla en la otra á fin de que no gire cuando se aprieta el tornillo.

La hoja de esta sierra tiene los dientes sobre la misma línea que el armazon; no obstante, los operarios de embutidos ponen los dientes de una manera opuesta, es decir, de frente, á fin de que la sierra obre horizontalmente. Pretenden que este método les aligera la mano.

Es inútil esplicar la posicion del operario, y la manera cómo emplea la sierra. Solamente se dirá que cuando la pieza se halla ahuecada en el centro, se pasa la sierra que se ha desmontado de una de las mordazas y se pone en su lugar.

Cuando las piezas son irregulares debe por precision emplearse esta sierra; pero cuando se han de cortar partes perfectamente redondas, arcos de círculo ó formas semejantes, vale más reemplazarla por el gramil ó compás de varilla, en cuya cabeza se coloca entonces una hoja semejante al cuchillo de corte, ó bien una sierra pequeña y fina, y así se obtiene la grande ventaja de cortar con más regularidad, más seguro y más pronto, porque el compás de varilla, una vez ajustado, da las piezas bien cortadas, todas semejantes y sin rajaduras.

El compás de varilla es el instrumento que debe preferirse en muchos casos.

Procedimiento para sombrear las hojas y los adornos de los embutidos.

Los hermosos ramitos tan graciosos que se admiran en tantos muebles elegantes, reciben en sus diferentes partes una multitud de tintas. Estas son las sombras indispensables para la imitacion parcial de la naturaleza.

Se emplean dos medios para sombrear, que son la arena caliente y los ácidos. El primero es poco usado y el segundo es más cierto; los dos piden mucha atencion y prudencia.

Manera de sombrear con la arena.

Para sombrear al fuego ó con la arena, se pone arena de rio muy fina en una pala de hierro que se coloca al fuego, hasta que el calor de la arena sea susceptible de tostar la madera sin quemarla, lo que puede probarse antes metiendo un pedazo de madera dentro la arena.

Al mismo tiempo que se prepara la arena se han reunido ya todas las piezas cortadas, poniéndolas bien en su lugar respectivo y en el órden más conveniente para aplicarlas enseguida.

El dibujo colorido que debe guiar el tono de las sombras, tambien se coloca cerca de las piezas para servir de modelo durante la operacion.

Como las piezas son, por lo regular, muy pequeñas, el operario las toma con unas pinzas para ponerlas en la arena caliente, y lo hace con varias represas, porque regularmente no quedan sombreadas la primera vez, y no las pone por entero porque hay partes que deben ser más oscuras unas que otras, como la parte superior de un pétalo será incomparablemente más oscura que la parte inferior.

Manera de sombrear con los ácidos.

Los ácidos que se emplean para sombrear la madera son el ácido sulfúrico y el agua de cal, á los cuales se añade para aumentar su fuerza el sublimado corrosivo; la primera de estas sustancias obra

con mucha energia; y como destruye los colores ficticios, no puede emplearse en la madera que se habrá teñido. Da instantáneamente á la madera blanca un tinte rojizo.

La accion del ácido sulfúrico tiene menos energia y revive ciertos colores en lugar de destruirlos; se presta para las maderas blancas y da un oscuro de un tinte vinoso. Entonces estos dos ácidos se extienden considerablemente, y debe tenerse mucho cuidado en poner nada más que una pequeña cantidad.

El agua de cal, aunque de menos energia, oscurece la madera ya sea blanca ya sea teñida; es útil particularmente para las grandes piezas; para obtener el agua de cal, basta el apagarla en el agua comun y decantar despues el líquido.

El sombreado por los ácidos es preferible al primero porque permite el conservar las tintas luminosas, lo que es muy difícil de hacer sombreando al fuego; por lo demás, su uso es muy fácil; se trata solamente de mojar ligeramente el estremo de un pincel ó de una pluma en el ácido que se escoge y aplicarlo con delicadeza sobre la madera.

A medida que una pieza se halla sombreada se pone en su lugar, y concluida la operacion se encolan juntas sobre el paramento, es decir, del lado donde han sido cortadas; enseguida se dejan secar bien todas estas piezas para incrustarlas en el lugar que les está destinado, y se termina comparándolas con el dibujo colorido, para observar si ha habido alguna equivocacion.

Manera de representar las flores y arabescos.

Se tienen pétalos cortados, sombreados y preparados para formar las flores, lo mismo que arabescos, debiendo atenderse sólo á su colocacion; se tienen objetos de carpinteria ya trazados; falta presentar, pues, estas piezas para incrustar, para juzgar si entrarán fácilmente y untar con la cola la parte hueca sin poner demasiado, y se termina golpeando con suavidad la pieza con la cabeza del martillo de placar.

Se obtendrán de esta manera las flores de un aspecto agradable; pero si se quiere dar al trabajo un nuevo grado de perfeccion; si se quiere imitar aun más la naturaleza, es necesario acudir á unos procedimientos más delicados y una preparacion más complicada.

Si en lugar de colocar sobre el fondo de palisandro incrustaciones blanquecinas ó amarillentas sombreadas con un oscuro ligero; si se quieren poner en un fondo claro las flores que tengan, tanto como sea posible, sus tintas naturales, debe escogerse una madera de un color muy claro, cortar los pétalos y ocuparse en teñirlos conservando las partes claras, combinándolas con gracia con las partes sombreadas.

Se dibuja sobre estos pétalos el contorno que deben producir estas partes, despues se tapan con cera antes de darles color.

El pétalo así preparado se mete en un baño de tintura apropiada al color; cuando se halla completamente seca, se quita la cera y se acaba con el pincel la fusion de las tintas; algunas veces se da uniformemente el primer baño de tintura antes de encerar, y se ahorra el trabajo de terminar el pétalo al pincel; esto depende de las indicaciones del modelo.

Medios de acabar y de grabar los adornos de madera sobrepuestos.

Existen en las incrustaciones, particularmente en los arabescos y las flores, partes tan delicadas, que no se pueden cortar con la sierra; hay líneas tan suaves, que las sombras obtenidas sobre la tintura no se pueden imitar. El grabado

al buril lo remedia, pero exige mucha atencion y gusto.

Para grabar al buril se toma la posicion como cuando se quiere escribir, entonces se hacen sobre la obra en los puntos indicados por el modelo unas líneas paralelas entre sí más ó menos fuertes, más ó menos unidas, horizontales, perpendiculares, etc. Este grabado se llama de una sola talla.

El otro es el grabado de dos cortes que dispone las líneas del buril en forma de rombo, lo que produce unas líneas desagradables.

Para grabar á la punta se hace cortar el instrumento tirándolo hácia sí, y se traza en la madera una sencilla señal que se prolonga, repasando ó inclinando de derecha á izquierda para cortar la madera sobre el lado de la talla.

Procedimiento muy sencillo para conocer si la madera es buena

Este procedimiento, que ya antiguamente se usaba, consiste en aplicar el oido á una de las extremidades de la pieza que se comprueba, mientras que se dan golpes en la extremidad opuesta. Si la madera es sana y de buena calidad, se oirá muy distintamente el golpe, sea cual fuere la longitud de la pieza; pero si existe desagregacion de las fibras interiores, el sonido se oirá muy apagado.

Mordiente pardo para la madera

Se hacen hervir 30 gramos de cachunde en medio litro de agua hasta su completa disolucion. Se disuelven aparte 15 gramos de cromato de potasa en tres ó cuatro decílitros de agua. Se aplica la primera disolucion en caliente sobre la madera por medio de un pincel, á cuya capa, una vez seca, se estiende encima otra con la segunda disolucion, tambien caliente. Al cabo de algunos minutos se forma un color rojo pardo que, frotado con cera mezclada con esencia de trementina, se convierte en castaño muy brillante. Este mordiente tiene la ventaja de penetrar en las fibras leñosas á una profundidad de unos dos milímetros. El cromato de potasa, por ser un veneno muy enérgico, debe emplearse con mucha precaucion; por lo tanto debe evitarse toque á los labios ó á cualquier herida que se tenga en las manos.

Procedimiento para dar un color pardo al boj

Caliéntese cuidadosamente á fuego directo la pieza de boj que se quiera tratar, dándole una capa de cola fuerte con una pluma ó cepillo mientras dura esta operacion. Una vez obtenido el matiz que se desee, se le da una capa de aceite y se le pulimenta.

Coloracion de las maderas

El objetado de la *coloracion de las maderas* no es ciertamente el revestir con colores opacos su superficie, particularmente las que deban recibir las intemperies de la atmósfera, sino añadir matices más vivos al color natural de la madera, conservándole su aspecto venoso, para que pueda reconocerse siempre su especie á la simple vista.

Para la coloracion de las maderas existen dos medios. El primero, que es el más antiguo, consiste en darles un tinte uniforme cualquiera, azul, verde, rojo, etc. Antiguamente se empleaban las maderas teñidas de este modo para los embutidos la ebanistería antigua y otros objetos, para lo cual se cortaban las piezas, encolándolas bien y combinándolas simétricamente para obtener ciertos efectos por contraste de tonos. Esto se emplea tambien hoy dia para los mosaicos formados por maderas empleadas con sus tonos naturales.

Si se esceptúan las maderas tiernas y porosas, las demás maderas no se dejan penetrar enteramente por el color, si tienen mucho grueso; es preciso, pues, antes de teñirlas, reducirlas á tablas de dos centímetros de espesor.

Se comprende fácilmente que las maderas blancas sean las únicas que puedan recibir colores frescos, tales como el azul celeste, el verde manzano, el amarillo, el rosa claro, etc. Las especies más apropiadas á estos colores son el arce y sus variedades, el sicomoro, el plátano y el moral. El acebo, atendida su rareza, se reserva para el blanco unido; el álamo blanco y el castaño de la India y el abedul, por ser muy blandos, se emplean poco, si bien toman la pintura con mucha facilidad.

El álamo, el fresno, el nogal blanco, el cerezo, el haya, el olivo jóven y otras maderas blanquecinas toman muy bien el color rojo, el verde, el azul y el anaranjado.

Colores más oscuros que éstos los toman bien el olmo, el serval, el nogal de Auvernia, el ciruelo, el boj y otros.

En cuanto al color negro, es susceptible de aplicarse á cualquier especie de madera.

M. Paulin Desormaux indica para cada especie de madera, las fórmulas que más adelante se detallan. Ante todo debe decirse que, sea cual fuere la clase de madera, es preciso colocarlas en una disolucion de alumbre ó en un baño de agua de cal, operándose luego por medio de la inmersion, el pincel ó la esponja.

La inmersion se emplea cuando las maderas tienen poco volúmen; el pincel cuando las maderas son demasiado grandes para poderlas colocar en el baño.

En el primer caso se sumerge la madera en la disolucion colorante en caliente, pero sin que llegue á hervir. Si se tiñe empleando la esponja ó el pincel, se mantendrá el color bien caliente, por cuanto se enfria con demasiada rapidez al aplicarle.

Con relacion á algunos tintes que se hacen en frio, la madera deberá permanecer en ellos hasta su completa penetracion.

El *color rojo* se prepara con el *achiote (archota)* que se corta en pedazos, haciéndole disolver en agua hirviente. Se dan varias capas con él siempre que se quiera obtener un tinte más oscuro. El color procedente del achiote es el *rojo-anaranjado*. Antes de aplicar este color se sumergerá la madera por espacio de una á dos horas en un baño de acetato de alúmina. La *ancusa*, que da un tinte muy agradable y fácil de emplear, se prepara con aceite de lino ligeramente calentado. Despues de aplicadas una ó varias capas, se frota con la piedra pomez pulverizada, dejando que se seque con tripol rojo antes de barnizar.

La *tierra de Siena* se pulveriza con el aceite de lino en frio y se diluye luego en mayor cantidad de aceite. Disolviendo la *orchilla* (berbol) en el agua caliente, se obtiene una tintura violada que se convierte en rojo vivo acidulando la infusion. Para emplear este color debe prepararse antes la madera con alumbre.

El *palo campeche* disuelto en la proporcion de un hectógramo por litro de agua, da un color rojo especial, cuya infusion se hace durar más ó menos tiempo, segun la intensidad que se desee obtener.

Si se emplea el *palo brasil*, preferible, al campeche, se le hace hervir en estado de raspadura ó de viruta, por espacio de dos horas, en la proporcion de 1 de palo por 10 de agua. Para obtener el tinte color *púrpura*, se añade palo campeche y, una vez seca la capa aplicada, se moja ligeramente con el agua en la cual se hayan disuelto 4 gramos por litro de agua. Si se desea que el color tienda al rosa, se mezcla amoníaco ó potasa á la decoccion del palo brasil, se deja en infusion por espacio de cuarenta y ocho horas á lo me-

nos, se filtra, se hace hervir y se extiende esta preparacion en caliente sobre la madera. Antes de que el color esté seco, se le moja con agua aluminosa. La madera de Fernambuco produce á poca diferencia los mismos resultados que el palo brasil. Se emplea tambien este último colocando las piezas que deban teñirse en un baño de vinagre durante veinte y cuatro horas, ó bien humedeciendo varias veces la madera con una esponja empapada en vinagre; se vierten luego en el vinagre raspaduras de palo brasil, se añade alumbre y se deja hervir.

Tambien puede teñirse la madera empleando la *cal* para el cerezo de monte, el cerezo comun, el guindo, que se sumergen en una lechada muy espesa, preparada con esta materia, ó bien aplicándola con una esponja ó el pincel. La goma *adraganto* que se hace disolver en la esencia de trementina y en la cual se sumerge la madera, suavemente calentada, da tambien los mismos resultados.

El *color azul* se obtiene con las materias siguientes: el *tornasol*, el *índigo*, el *palo campeche*, el *cobre rojo*, disueltos en el ácido nítrico. El *tornasol* se prepara de este modo: Se hace hervir por espacio de una hora un litro de agua en el cual se vierte un puñado de cal añadiendo dos hectógramos de tornasol.

Para el *índigo*, se le expone primeramente á la accion del sol, pulverizado fino; se hace hervir luego con ácido sulfúrico con el cual se amasa y mantiene por espacio de dos ó tres horas, á la temperatura de agua hirviente; se deja enfriar añadiendo igual cantidad de potasa que hay de índigo ($^1/_8$ de la cantidad de ácido sulfúrico), y se deja descansar por espacio de veinte y cuatro horas. Para emplearla se dilata la mezcla con el agua.

La tintura á base de *palo campeche* se prepara de este modo: se ponen un poco más de dos hectógramos de raspaduras de este palo por litro de agua, añadiendo un poco de óxido y se deja hervir durante una hora.

La *disolucion de cobre* se hace por dos procedimientos distintos, que dan un tinte verde el uno y un tinte azul el otro.

En el ácido nítrico puro se van vertiendo pequeñas proporciones de limaduras de cobre rojo, se hace hervir y cuando principia la ebullicion se vierte agua fria, disolviéndose el cobre en este ácido dilatado. Tambien se puede colocar el cobre en el ácido dilatado antes. En ambos casos debe operarse al aire libre á causa de los abundantes vapores que se producen.

La *tintura amarilla* se hace: con la gualda (galda), con la *semilla de Aviñon*, con la *cúrcuma* ó tambien con el *palo amarillo*, el *fustete*, la *goma-gutta*, la *orellana*. Se sumerge la madera que debe teñirse en una decoccion de una ó varias de estas sustancias. El color de la gualda se aviva añadiendo un poco de sosa ó de óxido de cobre al baño. En la decoccion del *palo amarillo* debe añadirse un poco de cola ó simplemente recortaduras de piel de guante. En cuanto á la *orellana*, se la hace hervir por espacio de un cuarto de hora con igual cantidad de potasa buena. La *goma-gutta* disuelta en la esencia de trementina produce tambien el color amarillo.

El color *verde* se obtiene con el óxido de cobre ó con el verde-gris concreto. Esta última sustancia debe pulverizarse muy finamente, disolviéndola despues en vinagre de madera muy fuerte; se añaden 60 gramos de sulfato de hierro y se hace hervir la mezcla en 4 litros de agua durante un cuarto de hora.

El *violeta* se prepara por medio de una decoccion de palo campeche, á la cual se mezcla alumbre, ó bien tiñendo primero la madera de rojo-claro y sumergiéndola luégo en un baño de tornasol ó cualquier otro azul claro.

La tintura negra se obtiene haciendo hervir, en una cantidad suficiente de agua,

las materias siguientes: 15 partes en peso de agallas machacadas; madera de la India, 4 partes; verde gris, 2 partes; sulfato de hierro, 1 parte.

Estos son los procedimientos que pueden emplearse para dar color á las maderas. Toca ahora tratar del método más á propósito para reforzar ó variar los colores naturales de la madera, por medio de ácidos incoloros ó débilmente coloreados por el hierro ó por el cobre.

El tinte ó color que se da á la madera no es uniforme, y se compone de tonos claros y tonos oscuros, producidos éstos por los cambios de direccion que presenta la fibra leñosa. Las maderas, unidas, tales como el haya, el nogal, el chopo, no son, desde luego, á propósito para recibir color; las maderas que presentan manchas y fibras accidentadas, como el fresno, el olmo, el aliso, el arce, el sicomoro, el castaño, el boj, el tejo, son las más apropiadas para ello.

Las materias que se emplean como reactivos son el *vinagre*, destinado á producir el acetato de hierro; el *ácido nítrico* ó *agua fuerte* para hacer las disoluciones de cobre. La operacion está basada en el principio de que las maderas son muy poco permeables cuando se presentan á hilo, y muy esponjosas cuando se presentan de punta.

Por consiguiente, toda madera que presente superficies en las cuales el hilo esté alternativamente unido y determinado, es susceptible de dar efectos de color y de luz muy variados, por cuanto no puede introducirse el ácido más que en los puntos en donde encuentre á la madera vetisegada.

El acetato de hierro se prepara por la accion del vinagre bien fuerte sobre la pasta procedente de la muela de herrero. Repetida la operacion más ó menos veces, da tintes más ó menos oscuros que pasan del verde al pardo muy pronunciado.

El óxido de cobre se prepara por los medios ordinarios, debiéndosele dilatar bien con agua para que la coloracion no tenga apenas color ya sea verde ó azul.

Con muy poca cantidad de estas preparaciones, modificadas á voluntad por la adicion de agua ó de vinagre, basta para producir buenos efectos. Esta tintura se aplica en frio y penetra muy profundamente, lo cual permite podér pulir bien la madera.

Tintura negra para la madera

Mézclense en un litro de agua:

$^3/_5$ de estracto de palo campeche de 6 grados;

$^1/_5$ de cera disuelta en 25 gramos de álcali blanco (sal de sosa);

$^1/_5$ de ácido nítrico ordinario con 60 gramos de limaduras de hierro;

25 gramos de goma arábiga;

35 gramos de cola de piel.

Tintura negra para la madera de encina

Se sumerge la madera, por espacio de cuarenta y ocho horas, en una solucion de alumbre saturado en caliente; luego se la impregna con una decoccion de una parte de palo campeche en 10 partes de agua.

Antes de emplearla, se filtra la decoccion, evaporándola de modo que su volúmen quede reducido á la mitad, y se le añadirán luego de 15 á 20 gotas de tintura de índigo.

Despues de aplicada esta disolucion, se frota la madera con otra disolucion saturada de verde-gris en el ácido acético, repitiéndose esta operacion hasta obtener el matiz que se desee.

Tintura negra para toda clase de madera

Tómese un litro de leche que se calentará hasta muy cerca de la ebullicion; viértanse en ella de 10 á 15 gramos de

negro de humo y otro tanto de cera nueva ó amarilla. Agítese bien todo para que se mezcle. Aplíquese esta tintura sobre la madera, la cual seca inmediatamente, dándole brillo con un cepillo ó paño de lana. Agítese el líquido antes de emplearle.

TINTURA NEGRA PARA MADERA DE CEREZO, PERAL, HAYA, BOJ, ETC.

Hágase en caliente una disolucion muy saturada de palo campeche. Dése á la madera una buena capa de esta disolucion con un pinceal y frótese inmediatamente. Déjese secar por algunas horas; aplíquese luego del mismo modo una capa de vinagre en el cual se hayan digerido limaduras de hierro por espacio de algunos dias. Inmediatamente la madera toma un tinte negro, el cual se deja secar; barnícese enseguida, pásese la piedra pomez, frótese luego con aceite y se obtendrá un color negro magnífico.

PROCEDIMIENTO MUY ECONÓMICO PARA TEÑIR EN NEGRO EL ABETO Y LA MADERA BLANCA.

Mézclense en 9 litros de agua:

900 gramos de palo campeche;
450 » de sulfato de hierro;
450 » de estracto de campeche;
450 » de índigo;
125 » de negro de humo.

Hágase hervir todo á fuego lento, en una marmita de hierro; fíltrese la infusion cuando esté fria y añádanse 15 gramos de agallas.

Las maderas finas pueden teñirse en negro del modo siguiente:

8 partes de agallas en polvo (peso);
2 partes de palo campeche;
1 parte de sulfato de hierro;
1 parte de acetato de cobre cristalizado.

Fíltrese todo en caliente y frótese varias veces la madera con esta disolucion. Déjese secar luego y frótese nuevamente con una solucion concentrada y fria de acetato de hierro y déjese secar.

Repítese la operacion cuantas veces sea necesario, y séquese luego en un horno á baja temperatura; dése despues una mano de aceite y barnícese.

Para teñir en negro económicamente, hé aquí una fórmula que imita muy bien el ébano:

Hágase hervir en un litro de agua por espacio de una hora:

125 gramos de agallas;
100 gramos de brasil;
30 gramos de sulfato de hierro;

cuélese esta disolucion con un paño y aplíquese en caliente sobre la madera por medio de una brocha ó esponja. Se cuecen luego á fuego lento 500 gramos de limaduras de hierro en un litro de vinagre muy acidulado, cuya composicion se aplica igualmente sobre la madera. Al dar esta capa la madera toma un color indefinido, mas luego cuando seca toma el color negro.

Se termina la operacion frotando el objeto con papel silex muy fino.

Se da luego una capa muy ligera de aceite, que se frota con un paño para que salga el brillo mate peculiar del ébano. Tambien puede aplicarse al barniz de muñeca.

PROCEDIMIENTO PARA DAR Á LA ENCINA EL COLOR DE ÉBANO

Se sumerge la madera en agua tibia por espacio de dos ó tres dias, habiendo antes disuelto en ella una pequeña cantidad de alumbre. Al propio tiempo se hace hervir en un litro de agua un puñado de palo campeche; cuando el líquido ha quedado reducido á la mitad, se le saca

del fuego, se le agita y añade un poco de índigo. Una vez disuelto éste, se introduce la madera en esta tintura bien caliente, dejando que se seque luego, cuya operacion debe repetirse dos veces más. Se hace hervir una cantidad proporcionada de verde-gris en buen vinagre; se frota la madera con esta solucion, y una vez seca, se le frota otra vez, primeramente con un cepillo y despues con un pedazo de piel mojada en aceite.

Preparacion para teñir la madera

Por medio de preparaciones especiales debidas á M. Henry se pueden imitar perfectamente la encina, la caoba, la chicaranda, el ébano, el nogal, el mármol, etc.

No hay duda que el arte puede imitar el grano de la madera combinando los colores más apropiados segun la clase de madera que se quiera representar; pero por buena que sea la imitacion siempre resultará imperfecta, basta y monótona en apariencia, si se la compara con esta variedad sin fin que presentan las diferentes maderas en su grano natural. Por medio del procedimiento de tintura, lejos de ocultar el grano natural, se le vigoriza con tintes más bellos aun.

El procedimiento de tintura resulta tambien más económico que la pintura, puesto que por su sencillez no requiere grandes conocimientos, mientras que la pintura requiere una mano hábil y un gasto extraordinario en colores.

La tintura es más duradera que la pintura, como lo demuestran un sinnúmero de casos en que se ha empleado.

La tintura seca con mayor rapidez sin despedir ningun olor, lo cual economiza mucho tiempo.

El procedimiento de tintura consiste en tres operaciones distintas: 1.ª la mano de tintura; 2.ª la mano de cola, y 3.ª el barnizado. Ante todo debe cepillarse bien la madera dejándola bien lisa y bien plana, tapando todos los agujeros y nudos con una pasta formada con la misma tintura y blanco de España. Se aplica luego la tintura por medio de un pincel, y una vez seca, se le encola dos veces con una solucion de cola y luego de barniz.

Para que el color sea más suave y rico, la cola no se aplicará hasta las veinte y cuatro horas de haber dado la tintura. Como el buen resultado depende principalmente del grano de la madera, deberá escogerse siempre la que esté bien seca, de buen grano y variado.

La madera destinada á obras de exterior se la encolará una vez y barnizará dos veces. Para los trabajos bastos, se puede emplear aceite hirviente en vez de barniz.

Las diferentes clases de tintura pueden mezclarse entre sí, combinándolas para obtener modificaciones de sus colores respectivos; y si se las dilata con más ó menos agua, se obtendrán las medias tintas que convengan.

Cada una de las tinturas Stephens se compone de las materias colorantes más duraderas, combinadas de modo que produzcan semejanzas naturales con los verdaderos colores de las maderas.

Una capa de la tintura nogal aplicada al abeto produce una semejanza muy exacta con el nogal inglés, y dos capas le dan completamente el color del nogal extranjero más oscuro; con esta tintura el grano del pino sobresale absolutamente, como las venas características del nogal.

Cuando se desea obtener un tinte muy oscuro, como, por ejemplo, una imitacion de la caoba española ó de encina vieja, se aplicarán dos capas de estas tinturas antes que la cola.

Debe observarse que varias maderas blancas, tales como el fresno, el haya, el arce manchado, el olmillo y el abedul de América, á causa de la gran variedad de su grano, despues de aplicada la tintura,

presentan una apariencia más rica que las maderas oscuras naturales que se imitan.

La cola se disuelve en agua caliente en la proporcion de 5 hectógramos de cola por 5 litros de agua.

Modo de dar al nogal el aspecto de caoba ó chicaranda

Se frota la madera con ácido nítrico dilatado en 20 veces su volúmen de agua y se deja que se seque. Se disuelven luego 45 gramos de sangre de dragon en 700 gramos de alcohol de 90 grados; se impregna la madera con esta mezcla, barnizándola luego con el pincel ó con muñeca.

Para obtener el color de la chicaranda, se reemplaza igual cantidad de permanganato de potasa, cuya sustancia da á al madera un tinte idéntico á la chicaranda.

Tambien puede darse al nogal el aspecto de chicaranda disolviendo fuchina en el alcohol, con cuya preparacion se le tiñe; se aplica luego una capa de tintura nogal, se da una mano de aceite para fijarla y se barniza con la muñeca.

Tinte rojo oscuro.

Mójese alternativamente la madera en una lechada de cal y en un baño de caparrosa verde (375 gramos de caparrosa verde por 5 litros de agua), concluyendo con el baño de lechada de cal.

La tintura será más ó menos oscura segun se repita más ó menos veces la operacion.

Tintura azul.

El azul, para la madera, se prepara en frio del modo siguiente: se vierten 125 gramos de aceite de vitriolo en una botella de vidrio, junto con 25 ó 30 gramos de índigo en polvo, llenándose luego la botella de agua; se la tapa herméticamente dejándola en reposo por espacio de cinco á seis semanas, al cabo de las cuales puede ya emplearse la tintura. Para hacerla más ó menos fuerte se añadirá la cantidad de agua que se juzgue conveniente, cuidando, sin embargo, de añadir un poco de aceite de vitriolo para que la tintura tenga más mordiente.

Cuando ésta ha alcanzado el grado de fuerza necesario, se la vierte en un vaso de tierra barnizada, en donde se moja la madera, dejándola en esta disposicion hasta encontrarse penetrada completamente, lo cual exige sobre unos 15 dias.

Para conocer si el interior de la madera está bien impregnado, se corta ligeramente un pedazo de ella á unos 3 ó 4 centímetros de una de sus extremidades; y cuando el trozo que se quiera teñir no se pueda cortar, se colocará junto con él otro de la misma clase y grueso, que servirá para hacer los ensayos necesarios para ello.

Procedimiento para dar al olmo y al arce la apariencia de caoba

Despues de bien aplanadas las tablas de olmo ó de arce que se quieran preparar, se las lava bien con un poco de agua fuerte dilatada en agua comun; se disuelven luego en medio litro de alcohol 20 gramos de sangre de dragon, 10 gramos de raíz de orcaneta y 5 gramos de áloes. Secas ya las tablas se las barniza con esta mezcla por medio de una esponja ó un cepillo flojo de pintor.

Tintura amarilla

Los ebanistas emplean para ello el espino de Berberia, el amarillo de Cassel y el azafran, cuyos ingredientes mezclan haciéndoles hervir, y en cuya disolucion sumergen la madera.

La proporcion de estas sustancias es de 3 litros de espino por 300 gramos de tierra de Cassel y 150 gramos de azafran.

La decoccion de gualda da igualmente buen color amarillo y, mezclado con un poco de verde-gris, da un color semejante al del azufre.

El azafran puesto en infusion con el alcohol da un amarillo dorado.

La cúrcuma tambien se la emplea igualmente con el mismo objeto.

Los ebanistas se sirven tambien, para pintar los muebles, de una especie de color amarillo compuesto de ocre y de barniz ordinario, ó bien del ocre mezclado con cola de Inglaterra muy clara.

Procedimiento para dar á las maderas el color de la encina vieja

Satúrese primeramente la madera con una solucion de sulfato de anilina, y luego con una solucion de sosa cáustica. Tambien puede obtenerse el mismo resultado con una solucion de potasa cáustica sola, pero este procedimiento es más delicado y no tan seguro como con una solucion de sal de anilina precipitada y empleada simultáneamente.

Tambien se puede dar color negro á la madera empleando sucesivamente soluciones de sulfato de anilina, de bicromato de potasa y de sosa cáustica, procurando que se sequen á cada operacion.

Por este procedimiento, que se aplica con buenos resultados á toda clase de madera y que es de fácil ejecucion y poco costosa, se obtiene un tinte muy uniforme.

Color bronceado

Para dar á la madera el color que imite al bronce, se procederá como sigue:

Disuélvanse 10 partes de rojo de anilina y 5 partes de púrpura de anilina en 5 partes de alcohol en la proporcion de 9 por 100, calentado á baño maria; añádanse luego á esta mezcla 5 partes de ácido benzoico. Se hace hervir todo por espacio de 5 á 10 minutos, hasta que al color verde del líquido se convierte en pardo claro.

Imitacion del nogal

Para dar á la madera el aspecto de nogal, se tomará negro de Brunswick el cual se adicionará esencia de trementina hasta obtener el matiz que convenga, añadiéndola luego un veinteavo de su volúmen de barniz. Esta mezcla endurece y seca pronto y admite muy bien el pulimento.

Nueva pintura

En el arsenal de Brest se emplea una pintura obtenida por la disolucion del cloruro de zinc con el blanco de zinc (óxido de zinc) y añadiendo á la mezcla sustancias que retarden la condensacion. Despues de muchos ensayos se pudo conseguir el hacer práctico el empleo de esta tintura.

El cloruro de zinc no es la sola sustancia que mezclada con el blanco de zinc constituyen una almáciga, puesto que ya en 1855 M. Sorel dió á conocer esta propiedad empleando los protocloruros de hierro, de manganeso, de níckel y de cobalto.

Amplificadas despues las investigaciones de M. Sorel, se ha visto que el sulfato y el azoato de zinc, el sulfato, el azoato y el cloruro de hierro, el sulfato y el azoato de manganeso, mezclados con el óxido de zinc, producen almácigas muy compactas y duraderas.

Por ejemplo, la pintura de cloruro de zinc se obtiene preparando antes una solucion convenientemente dosificada de cloruro de zinc, adicionándole una sustancia retardatriz, diluyendo el óxido de zinc en el líquido en el acto de aplicar la pintura.

La solucion de cloruro de zinc debe filtrarse en sacos de tela fuerte y com-

pacta y que marque una vez fria 58 grados del areómetro Baumé; disolviéndose aparte 2 kilógramos de carbonato de sosa ordinaria en 100 litros de agua.

Estas dos disoluciones se mezclan en la proporcion de 2 litros de la primera por 5 litros de la segunda. En este líquido procedente de dicha mezcla se disuelve el óxido de zinc y produce una pintura que, segun el estado higrométrico de la atmósfera, adhiere más ó menos pronto, variando entre dos y cuatro horas. El carbonato de sosa se emplea como sustancia retardatriz á causa de su bajo precio.

Tambien puede emplearse con este objeto el borrax, en la proporcion de 6 gramos por litro de la disolucion salina á 40 grados Beaumé, para formar la disolucion disolvente del óxido de zinc.

Esta composicion se emplea del modo siguiente: se transporta el blanco de zinc al sitio en donde deba aplicarse, cuya sustancia se obtiene en el comercio al estado de polvo impalpable, colocado en barrilitos de madera. A medida que se va necesitando el operario vierte el líquido en un recipiente cualquiera, añadiendo poco á poco el blanco de zinc y agitándolo todo con una espátula de madera hasta que la mezcla adquiera la consistencia de la pintura ordinaria.

Para operar bien es conveniente preparar tan sólo la cantidad de pintura que puede emplearse en una hora.

Además de su bajo precio, esta pintura tiene la ventaja de ser siempre mate y muy blanca, siempre que el óxido de zinc no sea impuro y esté preparado con cuidado. Además cubre tanto como la pintura al óleo, endurece mucho, y una vez seca es muy difícil que salte. Tambien se la puede lavar y cepillar sin que se empañe ni raye, escepto cuando se la aplica cuando llueve ó se producen heladas, que entonces se producen escamas ó se empasta, de modo que se desprende rápidamente de las superficies en donde se aplica.

Preparado incombustible para la madera

Sobre la madera que se quiera preservar se aplica una capa de cal apagada en una disolucion de cloruro de calcio. Si se trata de maderas de construccion, se las cubre por espacio de ocho dias con cal viva que se va apagando poco á poco. Las maderas tratadas de este modo adquieren una resistencia y tenacidad extraordinarias, sin que pierdan absolutamente nada de su elasticidad, preservándolas al propio tiempo de la cárie.

Revestimiento conservador para las maderas expuestas á las influencias atmosféricas

Tómense de arena blanca bien lavada y tamizada 300 partes en peso; creta en polvo, igualmente lavada, 40 partes; resina, 50 partes; aceite de lino, 4 partes; óxido rojo de cobre y ácido sulfúrico, una parte de cada uno.

Las cuatro primeras sustancias, aceite, resina, creta y arena, se ponen á calentar juntas en un recipiente de hierro, añadiendo luego el óxido de cobre y el ácido sulfúrico. Se agita con viveza el todo con una espátula de hierro.

La composicion que se obtiene se aplica en caliente sobre la madera por medio de un pincel de crin récio. En el caso de ser muy espesa se le añadirá aceite de lino.

Esta preparacion seca prontamente, resultando tan dura como la piedra, costando menos y siendo más enérgica que las pinturas al óleo.

Pintura hidrófuga é incombustible

El célebre químico inglés Federico Abel, de los estudios que ha practicado sobre las pinturas propias para impedir la combustion de la madera, ha deducido:

Que el silicato de sosa puro es muy preferible á la solucion de alumbre mezclada con creta;

Que el silicato de sosa mezclado con la creta ofrece la doble ventaja de ser á la vez hidrófugo é incombustible.

Para ello recomienda tratar la madera con la siguiente preparacion:

a Operar por pulverizacion la mezcla íntima en partes iguales de blanco de España y óxido de zinc.

b Dilatar una solucion almibarada de silicato de sosa de igual volúmen al suyo y agitar bien;

c Mezclar luego los productos *a* y *b* para obtener un todo homogéneo de la consistencia que se desea, y aplicarle luego como la pintura ordinaria.

Preparado hidrófugo

Se tratarán en caliente una parte de parafina en 4 ó 5 partes de esencia de bencina en un recipiente; en otro recipiente se mezclarán igualmente en caliente de 150 á 200 gramos de cera en un litro de bencina; disueltos ya los cuerpos se mezclarán en caliente vertiendo la primera solucion en la segunda; aplíquese en caliente manteniendo la fusion por medio del baño maria, evitándose con mucho cuidado cualquier contacto con la luz ó el fuego, por cuanto se inflamaria el líquido inmediatamente. Este preparado se recomienda por ser inatacable.

Metalizacion de la madera

Se principia por tratar la madera con una legia alcalina cáustica dejándola en este baño por espacio de tres á cuatro dias, segun el grado de permeabilidad de la madera, á una temperatura de 75 á 90 grados. De allí pasa la madera inmediatamente á un baño de sulfhidrato de calcio, al cual se añade, á las 24 ó 36 horas, una solucion concentrada de azufre en la sosa cáustica. La duracion de este baño es de unas 48 horas y su temperatura de 35 á 50 grados. En fin, durante 30 á 50 horas se sumerge la madera en una solucion caliente, de 25 á 50 grados, de acetato de plomo.

Si bien este procedimiento es muy largo, pero en cambio los resultados son muy buenos. Preparada de este modo la madera, despues de haber recibido una desecacion conveniente á una temperatura moderada, y bien pulimentada con un bruñidor de madera dura, toma un brillo metálico muy especial, el cual aumenta, si antes se la frota con placas de plomo, de estaño ó de zinc, y si se la bruñe con un cilindro de vidrio ó de porcelana.

Barniz para parquets

Se disuelven rápidamente 5 $^1/_2$ kilógramos de cera, cortada muy menuda, en una solucion de 3 kilógramos de buena potasa en agua de rio ó de lluvia hirviendo. Cuando la espuma disminuye se para la ebullicion, añadiendo á la mezcla 3 kilógramos de ocre amarillo bien lavado; se coloca luego la masa obtenida en cajas y se deja que endurezca.

Para emplearle se disuelve medio kilógramo en 4'50 litros de agua hirviendo, agitándolo bien para que resulte homogéneo, y se aplica luego en caliente. Cuando ya está completamente seco, se le pule con el cepillo y se saca el lustre por medio de un paño récio.

Este barniz tiene la ventaja de ser muy brillante, permanente y económico.

Barniz negro para nogal

Mézclense 4 litros de alcohol, 1 litro de aceite de lino cocido, 800 gramos de asfalto en polvo y 50 gramos de rojo de Venecia. Esta mezcla debe conservarse en sitio templado, cuidando de agitarle de cuando en cuando hasta su completa di-

solucion. Se le filtra luego y aplica con un cepillo recio, frotando bien cuando esté seco. Luego se hará por separado una mezcla de dos partes de goma laca y una parte de aceite de lino cocido que se agitará antes de emplearle, aplicándole con un paño y con viveza.

Barniz económico inalterable

Casi todos los barnices al cabo de cierto tiempo se contraen produciendo grietas, lo cual se atribuye á los cuerpos grasos de que están formados.

Este nuevo barniz estriba en la supresion de cualquier sustancia grasa, fina, fluida ó sólida, aceites ó grasas; en la ocupacion de los poros ó grietas de la madera por un cuerpo capaz de adherir por sí mismo ó por medio de una sustancia adherente; en la aplicacion de los óxidos ó sales capaces de mezclarse con el agua y formar una pasta que forme luego cuerpo con la madera; en la adicion de goma laca pura, ó en todo caso de esencias ó hidrocarburos solubles sin precipitados de gomas ó resinas, que tienen por objeto impedir que el barniz pueda encogerse y facilitar el resbalamiento hasta la desecacion completa de la capa aplicada; y por último, en la economia considerable tanto en primera materia como en mano de obra.

Barniz conservador de la madera

Mézclese aceite de lino con negro de cobre, llamado tambien protóxido de cobre; se hace hervir esta mezcla hasta quedar reducida á subóxido, es decir, durante bastante tiempo; entonces el aceite se encuentra oxidado, formándose un aceite cobrizo muy secante, que tiene en suspension al óxido bajo la forma de pintura ó de barniz.

Barniz para modelos de madera

Para impregnar las superficies de los modelos de madera de las piezas mecánicas, se emplea en Alemania un barniz que tiene la propiedad de secar prontamente, de hacer los modelos muy lisos y fáciles de sacar de los moldes, conservando al propio tiempo la madera.

Este barniz se prepara del modo siguiente: Se toman 30 partes de laca, 10 de copal de Manila y 10 de copal de Zanzíbar, que se colocan en un recipiente calentado exteriormente por el vapor. Se agita todo por espacio de cuatro ó seis horas, añadiendo luego 150 partes de alcohol de patatas, calentando el todo durante cuatro horas á una temperatura de 87 grados. Se añade un poco de materia colorante de color anaranjado y se pinta la madera.

Para las piezas de las máquinas se varia la composicion de este barniz en esta forma:

35 partes de laca, 5 de copal de Manila, 10 de copal de Zanzíbar y 150 partes de alcohol.

Sustancias más comunmente empleadas en la fabricacion de los barnices

Los barnices proceden de la disolucion de una resina, ó de una goma-resina, en varios vehículos de naturaleza distinta que varian segun la consistencia que se les quiera dar ó el uso á que se destinen.

Estos productos se encuentran en estado líquido, más ó menos viscosos, y una vez aplicados, se evapora el vehículo quedando la resina extendida sobre la superficie del cuerpo, en forma de capa delgada, seca, dura, transparente y muy adherente.

Las materias ó sustancias que se incorporan al barniz son muy distintas, variando segun la aplicacion que se quiera hacer;

sin embargo, sus elementos constitutivos son siempre la resina ó goma-resina y el vehículo disolvente. El barniz debe sus cualidades esenciales á la naturaleza de estos dos elementos, clasificándosele segun sea el vehículo y especificando luego los de cada clase segun su empleo.

Generalmente se distinguen cuatro clases de barnices:

1.° Barniz de éter;
2.° Barniz de alcohol;
3.° Barniz de esencia;
4.° Barniz graso:

pudiéndose añadir á esta nomenclatura el *barniz de copal natural*, licuado en frio, por el procedimiento Seurin, destinado á reemplazar á los demás que se han citado.

En esta clasificacion no se incluye el barniz acuoso de clara de huevo, ó de albúmina, empleado por Jehan de Leyde en sus cuadros al óleo y por los demás pintores, hasta que se conoció el barniz de esencia empleado después.

Este barniz, compuesto con una clara de huevo, un poco de alcohol y otro poco de azúcar, sólo se emplea hoy dia para fijar algunos dibujos; para revestir ciertas fotografias; para conservar el brillo á las conchas de marisco expuestas en los museos; para las plumas de las aves y de los insectos disecados, etc. Igualmente se le emplea en pasteleria para dar brillo á los dulces.

Los vehículos empleados hasta el dia en la fabricacion de los barnices son el éter, el alcohol, los aceites esenciales ó esencias, en particular la esencia de trementina, los aceites secantes, principalmente el de lino. Tambien se han hecho experimentos con el barniz de petróleo, pero su fabricacion no ha dado los resultados industriales que se esperaban.

Las resinas ó goma-resinas son aun en mayor número, tales como las gomas-copal, las gomas-lacas, el cautchú, la almáciga, las colofonias, el galipodio, las gomas-gutas, el elemi, el succino ó ámbar amarillo, el alcánfor, el benjuí, la sangre de dragon, la sandaraca ó goma de enebro, el sándalo, el azafran, etc., etc.

Todas estas sustancias, á pesar de su especie distinta, tienen un carácter comun, tal es, el proceder del reino vegetal, y ser hidro-carburos; por lo tanto su estado y carácter particular lo deben únicamente á su distinta composicion atómica. Los unos, como el alcohol, las esencias, los aceites, se extraen artificialmente de los frutos, de las semillas, de las distintas partes de la planta de donde proceden; las otras, las gomas y las resinas, son el producto de la savia descendente de ciertos árboles que, derramándose con abundancia buscan una salida. Como por la evaporacion pierden una parte de sus principios volátiles, oxigenándose en contacto con el aire, se solidifican endureciendo más ó menos, tomando al cabo de algun tiempo el aspecto vítreo de ciertos betunes, de los copales y del succino.

Es particular que en todas estas operaciones parece como que la industria se ha inspirado en los hechos naturales reproduciendo sus fenómenos; de modo que, combina hidro-carburos de naturaleza distinta, fluidos los unos y sólidos los otros, para que estos últimos tomen los elementos que les hacian falta para conservarse en estado líquido. Pone luego estos compuestos reconstituidos en contacto con el aire para que, por la evaporacion, pierdan las partes volátiles que contengan, tal como lo practica la savia al salir del árbol y de su corteza, y se solidifiquen en forma de goma.

De todos los caractéres que posee el éter el más importante es su extremada volatilidad y los abundantes vapores inflamables que desprende al destapar el frasco que lo contiene. Se le obtiene destilando una mezcla de alcohol y de ácido sulfúrico. Tiene una gran afinidad para el copal, pero sólo disuelve el copal blando ó goma *Dammar*, con la cual forma un

barniz muy fácil de preparar. Se mezclan las dos sustancias en un vaso cerrado que se calienta hasta que se disuelvan, sin que jamás se determine la ebullicion, á causa de la gran propension del éter á inflamarse. Debido al alto precio á que resulta este barniz y á su extraordinaria y rápida desecacion, sólo se le emplea en joyeria y en particular para la restauracion de esmaltes.

En cuanto al alcohol descubierto á principios del siglo XIII por Arnaldo de Villanueva, es el producto de la fermentacion de una materia azucarada obtenida por la destilacion del líquido que la contiene.

Los aceites esenciales ó *esencias* obtenidas por la destilacion de ciertas plantas, como el espliego, el aspid, el tomillo, el romero, el eucaliptus, entran algunas veces como disolventes en la composicion de los barnices, pero su gran coste relativo limita su empleo sólo á ciertas composiciones que se quieran hacer aromáticas. Los fabricantes, en general, prefieren la esencia de trementina que, costando menos, posee mayor potencia disolvente.

La esencia de trementina proceden de la destilacion de la savia, que se derrama naturalmente ó por incision del tronco de varias especies de árboles de la familia de las coníferas, entre ellas, del pino marítimo. Esta savia, goma ó trementina, blanquecina, opaca, pastosa, muy semejante á la miel, se compone de un aceite volátil ó esencia, que tiene en disolucion una resina. Se la destila para separar la esencia de las resinas, que permanecen en el alambique y constituyen la colofonia, la miera, la brea, etc.

Se llama *galipodio* la savia concreta que se recoge en los bordes de la incision hecha á un árbol, la cual no se somete á la destilacion.

La esencia de trementina en contacto con el aire se espesa y absorbe hasta veinte veces su volúmen de oxígeno. Es muy inflamable y se evapora sin dejar residuo.

Los *aceites grasos* proceden principalmente de las semillas, de las cuales se les extrae por presion, en caliente.

Los aceites que en contacto con el aire se espesan y secan, convirtiéndose en una sustancia transparente, amarillenta y flexible, se llaman *aceites secantes*, por cuya propiedad se les emplea en la preparacion de los barnices, de los colores, de las tintas de imprenta, etc.

Los aceites más secantes son los de lino y de nueces, empleados esclusivamente en la fabricacion de barnices. Estos aceites no se secan, en el verdadero sentido de la palabra, y sí sólo pierden por la evaporacion las partes más fluidas que contienen, cuyo cambio lo verifican absorbiendo el oxígeno del aire. El aceite de nueces puede absorber hasta 45 veces su volúmen de oxígeno.

En la industria, no se considera suficiente esta disposicion natural de los aceites que se emplean, por lo cual se aumenta aun más esta propiedad sometiéndoles á varias manipulaciones. Lo más generalmente en uso consiste en calentarlos metódicamente mezclándoles óxidos metálicos, tales como el óxido de plomo, y el peróxido de manganeso principalmente. Los aceites tratados con óxidos se emplean en particular para empapar los colores y para enlucir; los aceites tratados por calefaccion se emplean únicamente en la fabricacion de los buenos barnices grasos, mezclándoles á veces cierta cantidad de aceite de litargirio ó de manganeso, pero únicamente como secantes.

El tratamiento en caliente de los aceites es muy costoso y ofrece muchos peligros, por cuanto se les debe mantener mucho tiempo en el fuego á una temperatura que se va elevando progresivamente hasta 300 y 316 grados, y se les enfria luego lentamente. Esta operacion se ejecuta en una gran cantidad de aceite á la vez.

Por el procedimiento Seurin los aceites se operan en frio, se les hace incoloros y muy secantes sin que se alteren; el manipulador no está expuesto á ningun accidente; los aceites resultan claros, puros, límpidos, muy secantes, y producen barnices de superior calidad.

Este mismo tratamiento, aplicado para desengrasar los aceites para tinta de imprenta, evita la operacion tan peligrosa para el operario de tener que mantener la llama que producen los gases sobre la caldera.

Entre las *resinas* las unas son *blandas*, las otras *semiduras* y las otras *duras*.

La sandaraca es una de las primeras materias que empleaban los antiguos en la preparacion de los barnices; hoy dia no se la emplea sola, por cuanto, si bien los barnices que produce son muy bellos, pero en cambio resultan muy blandos y se dejan rayar al menor esfuerzo. Esta sustancia se obtiene de varias especies de *tuya* que crecen en España, en Africa y en Italia. Antes de disolverla se eligen las mejores lágrimas y se las lava en alcohol ó esencia.

La almáciga se recoge en los lentiscos que crecen en abundancia en las islas y en las costas del Mediterráneo, siendo los más estimados los de Chio. Los griegos los mascan para perfumar el aliento. Esta sustancia es soluble en la esencia de trementina, en el éter y en el alcohol, y da muy buenos barnices, brillantes y bastante sólidos.

La laca procede de la India, produciéndose en ciertos árboles por efecto de la picadura de un insecto semejante á la cochinilla, el cual se introduce en la savia poniendo allí sus huevos. Esta sustancia es soluble en el alcohol, pero no completamente, encontrándose impura en el comercio.

El benjuí es una resina impura como la anterior, procediendo igualmente de las Indias, pero se la emplea muy poco. Da un barniz bastante elástico y muy oloroso.

La goma-guta, la sangre de dragon, el azafran, el betun, el sándalo se emplean en la fabricacion de ciertos barnices especiales, tanto como materias colorantes como resinas.

La *goma Elemy* se emplea mucho para completar las propiedades de las demás resinas. Procede igualmente de las Indias y del Brasil. Es bastante transparente y da luz en la oscuridad si se la calienta ó frota, despidiendo al propio tiempo un olor muy agradable.

El *alcánfor* se emplea muy escasamente en la fabricacion de barnices, facilitando únicamente la solucion de ciertas resinas. Si se la emplea en exceso, hace los barnices pastosos.

Las resinas más importantes para la fabricacion de los barnices son las *gomas-copal*, de las cuales existen un gran número de variedades, de orígen poco conocido y de propiedades físicas y químicas muy distintas.

Las clases de copal que generalmente se encuentran en el comercio son tres:

1.° El copal blando, muy desmenuzable, muy escasamente sensible á la accion del alcohol anhidro, pero que se disuelve en frio en el éter y la esencia de trementina;

2.° El copal semiduro, insoluble en estado natural, insoluble en el alcohol, pero que se disuelve en la esencia de trementina y los aceites por la accion del calórico;

3.° El copal duro, insoluble en el alcohol, en el éter, en la esencia y los aceites, pero que se disuelve en la esencia despues de haber perdido la cuarta parte de su peso por la destilacion.

El copal blando es el más extendido y más generalmente usado en la fabricacion. Se le adquiere en forma de lágrimas globulosas; no tiene sabor, y su densidad es un poco mayor que la del agua. Es

muy quebradizo, se deja oprimir fácilmente con los dedos; en el mortero se convierte casi instantáneamente en un polvo muy blanco, ligero y opaco. Conservado un instante en la mano y oprimiéndole despues cruge, su superficie se vuelve glutinosa, y las manos conservan un olor muy especial. Se derrite á 100° y resbala como el vidrio.

Esta goma es muy poco soluble en el alcohol, incompletamente en el éter sulfúrico y completamente en la esencia de trementina; esta última propiedad es la que le da la estima que tiene en la industria de barnices.

Los copales semiduros son fusibles, los unos á la temperatura de 150 grados, los otros á la de 200; se presentan en pedazos irregulares, amarillentos, transparentes; se rompen fácilmente, y se electrizan, como el ámbar, si se les frota. Son insolubles en el alcohol la esencia y los aceites, si no se les ha fundido antes. Los más comunes, más económicos y más empleados para hacer con ellos barnices de interior, son los procedentes de Africa, de Manila y de Sidney.

El copal duro ó copal de Calcuta se deja conocer fácilmente por su capa exterior ó costra rugosa, cubierta de asperezas redondeadas y compactas, semejantes á lo que comunmente se llama piel de gallina.

El copal duro de Zanzíbar tiene los granos más anchos y más espaciados; es muy duro, con un tinte ligeramente amarillo; al romperse presenta superficies muy límpias y brillantes, pero está impregnado todo él de insectos, astillas de madera, de hojas y otros cuerpos estraños. Su densidad es de 1'045 á 1'140. Calentado se derrite á 350 grados y se derrama á 360. Desprende vapores que se condensan formando un aceite amarillento de olor muy desagradable y persistente. En estado natural es insoluble en el alcohol, el petróleo, la bencina, las esencias, los aceites y el alcohol amílico; para que estos vehículos ejerzan accion sobre él, es preciso que por fusion se descomponga y pierda, destilándole, la cuarta parte de su peso.

El copal de Bombay es muy semejante al de Calcuta; antes de entregarle al comercio se le raspa con un cuchillo.

El copal se puede considerar como la resina típica para la confeccion de un buen barniz, y cuanto menos se altere su constitucion por efecto del tratamiento que reciba, mejor será el producto que se obtenga.

Los copales duros dan barnices muy buenos y muy sólidos, obtenidos hasta hoy por medio del calor para modificar su estructura, cuya alteracion tiene una gran importancia, por cuanto da color á los aceites y á las esencias, quitando al barniz una parte de sus cualidades; por cuyo motivo el problema principal consiste en encontrar un líquido disolvente que, sin alterar el copal, le devuelva al estado que tenia cuando se derramaba en forma de savia por el árbol que le producia, y poderle incorporar así al barniz.

Los barnices de alcohol, cuyo empleo es tan importante y su preparacion tan fácil, adolecen del defecto de falta de solidez, puesto que este disolvente no ejerce accion sobre el copal, debiéndose reemplazar entonces estas gomas, por resinas más blandas y más solubles, con las cuales sólo se obtienen composiciones muy ligeras, que, bien preparadas, serán brillantes y elásticas sin duda, pero que tendrán siempre poco cuerpo y poca consistencia.

El barniz de alcohol se emplea bien en los muebles, en los objetos de tocador, en los cartones, en los calados de madera, en los estuches, en las cajas. Este barniz es muy secante; al evaporarse el alcohol, casi instantáneamente, deja sobre los objetos á que se aplica una capa muy delgada, muy dura, y que por consiguiente, forma fácilmente escamas.

En estado líquido se conserva poco, y aplicado se vuelve amarillento.

Los barnices de color que se aplican á los metales, son igualmente barnices de alcohol.

Los diafanitas Seurin, cuyo elemento principal son los aceites secantes, son incomparablemente más brillantes, más sólidos y más económicos que estos barnices.

Si bien la composicion de los barnices de alcohol es muy fácil; pero exige no obstante cuidados y conocimientos especiales, debiéndoseles manipular con mucha precaucion. Dan mucha merma, por cuanto el alcohol no puede disolver más que el tercio de su peso de resinas, y aun así, sólo disuelve ciertos elementos de ellas, lo cual le hace más costoso.

Estos inconvenientes de los barnices de alcohol, en particular su poca solidez, han motivado el empleo de otros disolventes de las resinas entre los aceites esenciales que, como la esencia de espliego y de trementina, se aproximan más al alcohol por su ligereza, poseyendo además mayor grado de disolucion de las resinas.

La esencia de trementina no se evapora enteramente como el alcohol; la película de barniz que se deposita, conserva la parte más grasa de la esencia, por cuyo motivo produce barnices más elásticos y más duraderos que los de alcohol, más resistentes al aire; pero en cambio tienen el inconveniente de hacerles más blandos y pegajosos.

Los barnices grasos son más sólidos y más elásticos que todos los demás barnices, prestándose muy bien al pulimento y soportando muy bien los cambios de temperatura. A éstos se les destina para los objetos que deban experimentar roces, y se les emplea mucho para el exterior de edificios. Son los únicos que se emplean en la fabricacion de carruajes. Las cualidades esenciales que poseen las deben á los aceites secantes que los constituyen, en particular el aceite de lino.

La manipulacion que exige la preparacion de este barniz es muy delicada, lenta y peligrosa; debiéndose confiar únicamente á un operario experimentado, prudente y que conserve siempre la sangre fria necesaria para conjurar los accidentes que pueden á cada instante, no tan sólo hacer perder la operacion y causar así una pérdida sensible, sí que tambien poner en peligro su vida y la del establecimiento.

Desde los primeros momentos, el aire se carga de vapores, acres, ácidos, que queman los pulmones y corroen la piel, los cuales van siendo más y más intensos y perniciosos á medida que avanza la operacion, ocasionando una pérdida de 25 á 30 por ciento en goma y en esencia.

Para la fabricacion del barniz Seurin, cuyo secreto guarda el inventor, se ha partido del principio ó se ha imitado lo que se verifica en la naturaleza, esto es, que las gomas tan duras y resistentes á la accion de los disolventes, cuyo grado de fusion es tan elevado, se han derramado, no obstante, en estado de savia, de modo que han sido líquidas á la temperatura ordinaria, habiendo pasado al estado sólido por el simple contacto del aire, perdiendo así sus principios más volátiles.

Luego no es un problema muy dificil el encontrar un disolvente que desempeñe la funcion de los principios volátiles que hayan perdido, ni encontrar tampoco un tratamiento conveniente que las vuelva á su primitivo estado.

Los varios experimentos practicados por Seurin le han demostrado que este disolvente sólo puede encontrarse entre los éteres, alcoholes y esencias; estos compuestos químicos que, guardando mucha analogia en sus caractéres comunes, se distinguen sin embargo por otros muy diversos, y á los cuales la menor variacion en su constitucion atónica da propiedades muy distintas é intensas, que permiten aplicarles con seguridad á los distintos casos que puedan presentarse.

Por medio de este nuevo compuesto etéreo cuya accion disolvente sobre las resinas es infaliblemente enérgica, los copales más duros no resisten á su accion, y quedan por lo tanto disueltos y se licuan completamente en frio. La eleccion de las resinas depende de la clase de barniz que se quiera fabricar y de las cualidades que quieran dársele.

Primeramente se eligen y lavan las gomas para molerlas luego, en cuyo estado la accion del disolvente es más enérgica. Se mezclan despues el copal y el vehículo en un recipiente cerrado provisto de un agitador para mezclar más íntimamente las dos sustancias y evitar que se deposite el polvo, bastando algunas horas para que la disolucion sea completa. Si bien puede operarse en frio, para activarla se coloca el recipiente en un baño-maria cuya temperatura no esceda de 50 grados.

Cuando se ha obtenido la licuacion completa, se filtra, obteniéndose un líquido incoloro, límpido, transparente y brillante como el cristal.

Se le puede emplear inmediatamente como el barniz de alcohol, ó conservarse como el barniz graso, pudiéndole aplicar del mismo modo y para los mismos usos que este último.

La preparacion del barniz graso se hace en frio, limitándose á la incorporacion en el barniz copal, por la simple mezcla de la cantidad de aceite secante que se desee.

Estos barnices se distinguen por su olor característico.

DEL CHAPEADO EN GENERAL

Chapear un mueble es revestirlo de chapas de maderas estranjeras ó indígenas muy preciosas, ya sea por su naturaleza, ya por sus visos, cuya combinacion puede formar unos dibujos variados al infinito, y tan agradables como variados. Por medio del chapeado se saca partido de diferentes maderas que seria imposible emplear, á lo menos para grandes objetos, si tuviesen que hacerse de madera fina. El chapeado permite elegir y combinar las manchas y matices naturales de la madera segun la apariencia que se quiera dar á la obra; y asi, á bajo precio se tienen estas cómodas, estos escritorios, estos tocadores y una infinidad de otros muebles, que adornan los más bellos aposentos. Cuando habia necesidad de aserrar la madera del chapeado á la mano, era imposible obtener las hojas de un espesor igual en todas sus partes, y entonces no habia más recurso sino volverlas á aplanar con el cepillo de dientes; pero desde la invencion de las máquinas de aserrar las hojas, éstas se asierran con tanta regularidad que no exigen ninguna preparacion antes de chapearse.

Siendo la simetría una de las primeras condiciones de un hermoso chapeado, es necesario reunir juntas y en un mismo órden las chapas que salen de un mismo tronco, de manera que las dos chapas vecinas tengan siempre sus vetas y sus aguas perfectamente iguales; en caso contrario, las chapas cuyo órden ha sido desarreglado, no pueden servir para formar dibujos simétricos.

Esta observacion es aplicable á todas las maderas que se destinan para el chapeado, cualquiera que sea la forma con que han sido aserradas.

A la verdad no es muy fácil el tener más de dos hojas perfectamente semejantes. No obstante, cuando las piezas tienen mucho diámetro y las vetas se hallan muy próximas unas á otras, siendo las hojas muy delgadas, se pueden obtener ocho ó diez de cada lado. Si, por el contrario, la pieza de madera es de pequeño diámetro y presenta vetas largas, no se pueden obtener sino dos ó tres vetas de cada lado.

Disposicion de la madera para el chapeado.

Aunque la disposicion de la madera para el chapeado no depende de ninguna

regla cierta sino solamente del gusto del operario, se pueden no obstante distinguir cuatro maneras de disponer la madera.

La primera consiste en colocar las juntas en la misma direccion que los hilos, ya sean horizontales ya verticales.

En el segundo método se arreglan las juntas siguiendo la diagonal; los hilos conservan una direccion horizontal y vertical, que es lo que se llama encolaje de inglete ó á punta de diamante. Se debe tener cuidado que los hilos de la madera sean semejantes tanto como sea posible y que las vetas se correspondan.

La disposicion de la madera en rombo no difiere de la anterior sino por los hilos de la madera que no son paralelos al borde de la obra, lo que deja vacíos que se llenan despues.

Por el tercer sistema las juntas se hallan colocadas vertical y horizontalmente, y los hilos en una direccion diagonal.

En fin, la cuarta manera consiste en disponer la madera que forme flores ó corazones. En este caso, se hace dirigir el hilo de cada pieza de chapa al centro de la obra; se cortan las piezas perfectamente iguales entre sí, y se toma la precaucion de que sean de una configuracion semejante, para que los nudos y las vetas estén coordinados como se debe.

En todos los casos se debe disponer el chapeado simétricamente, ya sea que haya dos tableros, ya sea que no haya sino uno, á menos que en este último caso el pedazo de madera no sea bastante grande para cubrir el tablero por entero, pues entonces se emplea tal como es.

Aserrar la madera en hojas para el chapeado.

Se cortan las hojas del chapeado por medio de una punta de trazar, que se hace correr á lo largo de una regla bien recta colocada de modo que siga la señal que debe formar el borde del tablero. Cuando se quieren obtener tiras estrechas y paralelas, despues de haber cortado el primer ribete, se vuelve á trazar y se corta la segunda por medio del gramil. Cuando la pieza debe ser curvada se forma un calibre de la figura que debe tener; despues se pone sobre la chapa y se corta con la punta de trazar. Cuando la curva es un círculo exacto, se traza con el compás, teniendo la precaucion de encolar un pequeño pedazo de madera en el centro, con el fin de impedir que la punta haga un agujero.

La punta de trazar, no pudiéndose emplear sino para las chapas que tengan menos de media línea, se empleaba antiguamente un cuchillo de corte, pero se ha abandonado su uso y se ha sustituido por el formon.

Se corta tambien esta madera con una pequeña sierra de mano que se hace correr á lo largo de la señal, guiándola con una regla colocada sobre la pieza que se ha de cortar. Esta sierra se emplea con preferencia á cualquier otro medio.

Luego se repasan las piezas con el cepillo ó la garlopa.

Antes de colocar las chapas se acepilla de nuevo la armazon que podria haberse movido secándose; y si quedan algunos agujeros se tapan ó con una pieza de madera, ó con almáciga hecha con carbon de madera y cola.

De la manera de chapear.

Para asegurar el chapeado sobre la armazon, muchos ebanistas emplean la cola de Inglaterra ó la gelatina, pero la mejor, mas económica y más elástica es la cola de Givet.

Se debe emplear siempre la cola bien caliente y en un grado de consistencia regular, de manera que no sea muy espesa ni muy clara: porque en el primer caso no formaria cuerpo con la chapa y no podria salir por la presion del martillo de cha-

pear; en el segundo caso presentaria un defecto de adherencia que impediria á la chapa el pegarse. No obstante, para el chapeado á martillo la cola debe tener un poco más de consistencia.

Debe tenerse cuidado que sobre la superficie que se debe chapear no haya ningun cuerpo graso, porque la cola no se pegaria; si hubiese un poco de sal en la cola, la impediria secarse.

Hay tres maneras de chapear: el chapeado sencillo, el chapeado á la cala, en caliente, y el chapeado á martillo.

Del chapeado sencillo.

El chapeado sencillo es aplicable siempre que deban chapearse dos partes de muebles exactamente semejantes; y se estiende la cola muy caliente sobre las dos armazones y se colocan las chapas reteniendo sus juntas, y despues se pasa el jabon para impedir la adherencia de la cola sobre el paramento; algunos ebanistas humedecen con una esponja el centro y los bordes de la chapa, y calientan la armazon con fuego hecho con virutas, teniendo la precaucion de que se caliente la pieza por igual. Este calor de seguro estiende mejor la cola, la hace penetrar mejor en los poros, y facilita su salida si se encuentra en esceso, cuando las armazones, colocadas la una contra la otra del lado del paramento, se hallan apretadas fuertemente.

Este sistema se halla condenado por los buenos ebanistas porque jamás se debe calentar la armazon; y la razon es muy evidente, pues siendo tan propensa la madera á deformarse, el calor la puede viciar y hacer que se resientan las junturas, y por consiguiente, se puede perjudicar la regularidad del mueble.

No se moja la chapa sino cuando se chapea al martillo, y esto cuando las piezas son pequeñas; si se mojara una chapa destinada para plaquearse á la cola, se espondria á rajarla por entero, pero tampoco debe emplearse demasiado seca; y si alguna vez se moja debe ser solamente cuando es imposible proceder de otra manera.

Hay quien pretende que se amolde con la cabeza del martillo de chapear la chapa antes de aplicarla sobre la armazon, es decir, que se golpee sobre un tablon de roble grueso y unido por el lado donde debe ser encolada, á fin de hacerla ahuecar un poco y de que se ponga mejor por los cabos.

Tambien se aconseja que se caliente la madera, que se moje la chapa por un lado y que se ponga cola en la otra, es decir, sobre la que debe ser encolada; por lo cual debe observarse que no ha de ponerse cola sino sobre la armazon y jamás sobre la chapa, particularmente cuando se trata de partes planas. Hay casi una necesidad de estender la cola sobre la chapa cuando son partes cimbradas, pero este método se adopta cuando no hay otro recurso.

Para el chapeado sencillo se ponen las dos armazones una sobre otra, y apretándolas bien, se dejan en este estado por espacio de dos ó tres horas solamente; pero en el invierno y en los fuertes calores, tiempos en que la cola se seca con dificultad, hay necesidad de dejar las piezas debajo de las prensas á lo menos cuatro ó cinco horas. Por lo demás, esto depende siempre del tiempo y la estacion.

Si las caras presentasen junturas deberá colocarse entre los dos paramentos una cala bien arreglada por los dos lados, ó mejor un papel.

No es necesario dejar las piezas en las prensas hasta que estén enteramente secas, sino solamente hasta que la cola tenga la suficiente consistencia para que la hoja no se desprenda.

Chapeado á la cala.

Esta manera de chapear es incontesta-

blemente la mejor, y la que prefieren todos los buenos ebanistas; tiene la ventaja de poder aplicarse á toda clase de obras, aun á las más pequeñas; no obstante no puede emplearse en las partes redondas, como son las columnas y otras piezas semejantes. Antes de dar el sistema de chapear á la cala, deben hacerse algunas observaciones sobre las calas y sobre ciertas precauciones indispensables cuando se quieren hacer los muebles á un mismo tiempo bellos y sólidos.

Todos los buenos ebanistas hacen sus calas de abeto y jamás de roble, pretendiendo que esta madera conserva demasiado tiempo el calor, y que el abeto no lo guarda sino el tiempo necesario para la operacion.

Una cala, cualquiera que sea su magnitud, no debe tener jamás encajonamiento; se le da, siempre que sea posible, 15 líneas de grueso, se endereza igualmente por las dos caras, y se hacen servir alternativamente las dos; entonces debe tenerse cuidado en poner debajo de los estremos de los tornillos de las prensas unos travesaños de toda la longitud de la pieza, porque sino, las calas se hallarian cubiertas de agujeros, y no podrian servir sino de un lado; cuando no se quieren hacer servir las calas sino por un lado, es necesario mojar la cala del lado opuesto antes de calentarla.

No se emplean las calas de roble sino para las molduras y partes estrechas: estas calas son muy cómodas.

Las maderas indígenas, particularmente el fresno blanco, piden unas precauciones particulares; las chapas de esta madera se chapean como las demás, pero la cola debe ser mucho más fuerte. Deben tenerse las calas muy bien hechas, porque la más pequeña falta produciria unas manchas que seria imposible hacer desaparecer. Jamás debe frotarse la cara de la cala que se pone sobre del chapeado con la cera, sino con jabon.

Cuando se quiere chapear una columna ó cualquier pieza redonda, es indispensable el encolar una tela sobre toda la cara esterior de la chapa, porque el hierro que entonces por necesidad debe emplearse dejaria el color de las partes redondas más oscuro que en las partes planas, produciendo una combinacion desagradable que quitaria á los muebles una buena parte de su valor.

Cuando se quieran hacer muebles muy buenos, se contrachapean ciertas partes, particularmente los postigos, frentes de los escritorios, el interior de los armarios con espejo, etc., etc. Se llama contrachapear el revestir la parte interior de chapas de una madera, mientras que la parte esterior se halla chapeada de otra.

Algunos ebanistas cuando se trata de un mueble de precio, empiezan por aplicar sobre todas las partes que deben ser chapeadas, una chapa de madera de roble, dejan secar el todo y enseguida ponen por sobre, la de caoba ú otra madera de precio.

Cuando se contrachapea, por ejemplo, un frente de escritorio, se hacen las dos operaciones al mismo tiempo, es decir, que se pone la chapa esterior y la contrachapa. En este caso, el estremo del tornillo debe siempre descansar en el chapeado de roble con las precauciones que se han indicado, y jamás del lado donde se halla la caoba. Sin esta operacion se espondria á dejar la pieza cóncava, que es un grave defecto; porque en ebanisteria se tiene por principio que las diferentes partes de un mueble deben ser más bien convexas que cóncavas. Cuando se emplea el abeto ó el álamo blanco, es necesario encolar, antes de chapear, con cola clara y dejarla secar.

Para las tablitas de las gradas ú otros objetos que deben estar ensamblados y que no se quieren chapear por los dos lados, se moja el lado opuesto al que debe chapearse, se estiende enseguida la cola por el otro lado y se pone la chapa sos-

teniéndola con la cala, no descuidando poner los estremos de los tornillos del modo que se ha indicado.

Como no se encuentran siempre chapas de la magnitud que se desea, es necesario reunir varias. En este caso se empieza por preparar el plano á fin de que los pedazos se junten perfectamente; se ponen enseguida sobre la armazon ó sobre una cala bastante grande para poderlas contener, y á medida que se ensamblan, se sostienen con las prensas y listones de madera bastante largos y bastante anchos para que el chapeado no pueda variar. Se pone enseguida sobre todas las junturas una faja de papel de una pulgada de ancho, empleando para ello cola muy clara, con lo cual se consolidan extraordinariamente todas las juntas, conservándose muy unidas.

Ya se ha dicho que antes de chapear se pasa el cepillo de dientes por la armazon.

El chapeado á la cala no difiere del chapeado sencillo más que en un solo punto, esto es, que en lugar de apretar dos paramentos el uno contra el otro, se pone la pieza que se ha chapeado sobre una cala que se ha tenido que calentar antes con bastante precaucion para que el calor sea por todo uniforme; se sostiene enseguida la cala con las prensas de mano, y se coloca de manera que no haya jamás entre sí una distancia de más de 6 á 7 pulgadas (15 á 17 centímetros). Se deja enseguida el todo en este estado durante dos ó tres horas segun el tiempo.

En verano cuando hace mucho calor se ponen las piezas en tierra, ó bien se colocan contra una pared del taller, que es el medio de impedir que se sequen con demasiada prontitud.

Algunos aconsejan el cubrir las piezas con un lienzo mojado, pero este método se halla desechado por todos los artistas.

Chapeado al martillo.

El chapeado al martillo es mucho más rápido, pero menos sólido que los demás, y no debe emplearse para las grandes piezas. Muchos pretenden que el chapeado al martillo es tan bueno como los demás cuando se ha operado con cuidado. Este método no puede servir sino para las pequeñas piezas planas ó cimbradas. Cuando se quiere chapear al martillo se frota con rapidez la cara esterior de la chapa con una esponja embebida con agua tibia á fin de impedir que se abarquille; se estiende enseguida la cola por una de sus caras, lo mismo que sobre la armazon y se pone la chapa sobre ésta con la mayor prontitud que sea posible. Luego el operario aprieta la chapa con la mano izquierda, coge con la derecha el martillo con el cual pega fuertemente sobre la chapa, recorriendo toda su superficie hasta que la hoja quede perfectamente encolada; á veces impele el martillo por simple roce, con lo cual no se perjudican los bordes con el golpeo; esta operacion tiene por objeto hacer salir el esceso de la cola y dejar el chapeado perfectamente adherente, y á medida que la cola sale, se quita con el formon antes que se coagule. Si uno de los lados de la chapa toca al otro, se empieza por esta juntura; si hay dos lados que solapen, se pone una pequeña cala entre la chapa y la armazon á fin de dejar pasar la cola, y no se quita esta cala sino cuando se está cerca de plaquear el cabo de la pieza.

Cuando se ha acabado de chapear una pieza se golpea con el martillo dándole pequeños golpes, ó bien con el dedo. Si el sonido es lleno y sonoro, es una prueba de que está bien chapeado; y al contrario, si el sonido es sordo, es una prueba de que hay falta de adherencia. Se pasa entonces de nuevo el martillo sobre estos lugares empujando con fuerza, y moviéndolo en todos sentidos, teniendo no obstante la precaucion de recalentar la cola.

Cuando las chapas que se deben plaquear tienen mucha dimension, es nece-

sario calentar la armazon; pero si á pesar de esta precaucion la cola se enfriase con demasiada prontitud, se le dará el grado de calor necesario paseando una plancha por encima.

Se debe evitar el hacer el chapeado en lugares húmedos ó demasiado secos, porque en el segundo caso la cola se seca con demasiada prontitud y en el primero no se cuaja.

Sucede tambien que á veces se levanta el chapeado, y entonces se hace correr la cola calentando aquella parte con un hierro caliente.

De los hierros para calentar.

Esta clase de hierros no es más que una masa plana por debajo con un asidero del mismo metal, curvado, de forma aproximada á la de las planchas de repasar que usan los sastres. Cuando se quiere volver á la cola su fluidez, se pasa este hierro sobre la pieza despues de haberlo hecho calentar á un grado conveniente. Esta operacion exige tanto más cuidado cuanto que puede perjudicar á la pieza, sin que el operario más diestro pueda asegurar su resultado.

Del chapeado de superficies curvas.

Las superficies curvas se chapean del mismo modo que las superficies planas; solamente cuando la curvatura es muy grande ó cambia de direccion, se sujeta la chapa por el borde con una prensa de mano por el lado convexo, y por la parte cóncava, con otra prensa que aprieta contra una cala; tambien puede emplearse un saco de arena fina poniéndolo encima de la chapa, el cual sigue mejor las sinuosidades de la pieza.

En las piezas que contienen una espiga y que son muy redondas, la mejor manera es practicar un corte de sierra en el cual se hace entrar la estremidad de la chapa; para chapear los cuerpos de formas redondas, como por ejemplo, las columnas, se emplea la máquina de chapear. Se empieza por chapear la columna con esta máquina del modo siguiente: se unta de cola la espresada columna y se pone encima la chapa cortada y contorneada segun las dimensiones que debe tener, y se hace girar la columna con un manubrio empezando la operacion por uno de sus bordes. Se apoya contínuamente sobre el chapeado tanto para hacer salir la cola escedente como para hacer la adherencia más íntima, y se retiene en su lugar envolviendo la columna con una cinta de lienzo y enseguida con una cincha se aprieta con fuerza. A medida que se arrolla la cincha se va siguiendo con una llama suave á fin de que se conserve la cola caliente, y se mantiene así el chapeado algo húmedo á fin de impedir que se abra; se deja la pieza en este estado hasta que la cola se halle enteramente seca.

Para contornear el chapeado, se moja por un lado y se calienta por el otro.

Para hallar la latitud que conviene dar á la chapa que debe cubrir una columna, es necesario tomar el desarrollo de la circunferencia.

Si, como regularmente sucede, la columna no fuese de la misma magnitud en sus dos estremos, debe repetirse dos veces la operacion indicada.

En las piezas redondas se tiene la costumbre de dar á las chapas alguna mayor magnitud á fin de que uno de sus estremos cubra el otro adelgazando éstas; el chapeado de una columna no debe tener más de media línea, pero las demás piezas contorneadas pueden tener una línea.

Lo que se acaba de decir sobre las columnas, es aplicable á todas las superficies cilíndricas.

Cuando la superficie que debe revestirse es de tal magnitud que deban emplearse varias chapas, se determina pri-

mero la latitud total, la cual se divide en tantas partes como piezas se han de poner.

El empleo del sistema que se ha descrito supone las chapas de un espesor de más de media línea á las cuales, por consiguiente, se puede hacer tomar la curvatura que se desea; pero si tienen más espesor ó las piezas que han de revestirse están en estremo cimbradas, es indispensable tambien cimbrar las chapas. Despues de haber cortado las chapas en sus dimensiones respectivas, se calientan con una llama de virutas, ó bien se amoldan con un hierro caliente, tomando la precaucion de mojarlas del lado opuesto para que se doblen con más facilidad.

Se puede tambien emplear otro método, que consiste en poner las chapas en una estufa que se calienta con el vapor.

Cuando hayan adquirido la blandura necesaria, se ponen en unos moldes hechos al intento, en los cuales se dejan secar las chapas así preparadas para que no pierdan la forma que se les ha dado.

Por lo demás, cualquiera que sea el procedimiento empleado, cuando los cilindros ó las columnas están chapeadas y envueltas con la cincha, se mojan por la parte esterior y se calientan siempre con fuego de virutas; despues de esta operacion se dejan secar uno ó dos dias antes de desenvolverlas de sus ataduras.

Cuando las piezas son muy pequeñas, para que se puedan cubrir con la chapa doblada, se pone la madera del espesor que conviene, la que ahueca y se redondea, siguiendo la forma que se desea despues que ha sido chapeada. Tambien pretenden algunos que las molduras jamás se chapean, pero sí se ponen en macizos de chapeado encolados en su lugar; por consiguiente tambien se pueden chapear las molduras, á menos de que sean muy pequeñas y se chapeen poniendo calas ó sacos de arena.

En el chapeado de las partes convexas no debe ponerse la cola sino sobre la pieza que se quiera revestir, porque aplicándola sobre la chapa, la superficie mojada se volveria convexa y se adheriria con dificultad. Tambien, para dar á la chapa la curvatura aproximada que debe tener, se puede calentar un poco por su parte esterior, y colocarla caliente sobre la convexidad encolada de la pieza que debe cubrirse.

Esta dificultad no se presenta en las partes cóncavas, porque el efecto de la cola sobre la chapa la dispone para tomar su forma.

Segun lo que se acaba de decir, el chapeado de las superficies cilíndricas y cónicas no debe presentar dificultades; pero no sucede lo mismo con una esfera y otras superficies semejantes.

Tómese, por ejemplo, el chapeado de cuñas redondas en las canales de las cornisas; la canal no presenta ninguna dificultad, pudiendo ser chapeada con una sola hoja con la cola; y no sucede lo mismo con las cuñas que presentan una doble curvatura, pues despues de haber cortado una tira de chapa cuya latitud y longitud sean respectivamente iguales al desarrollo de curva de la canal y de su longitud tanto por el frente como por los lados, se corta la tira sobre las mismas cuñas y hácia arriba, con algunos golpes de sierra, y cuando se halla aplicada y encolada en la canal, deja unos vacíos que deben llenarse con pequeños pedazos de forma triangular, y en tanto cuanto sea posible con madera de la misma clase. Para asegurar el chapeado en estos lugares, se circuye la canal con una cuerda para que no queden huecos en ella. Cuando se ha operado de esta manera, se moja la cuerda sobre la cuña redonda y se pasa el hierro caliente que reblandece la cola, la estiende y la hace penetrar, y su adherencia es íntima; para aumentar la presion se hace entrar una cuña de madera entre la cuerda y el molde. La cuerda debe tener á lo me-

nos 3 líneas de grueso; si fuese más delgada no resistiria.

Manera de hacer desaparecer las burbujas de aire.

Se forman alguna vez debajo del chapeado unas burbujas de aire que se presentan al esterior, y pueden proceder de dos causas, á saber: de no ser buena la cola, ó bien de que ésta se ha aglomerado en ciertas partes; en el último caso basta aplicar encima el hierro caliente y mantenerlo en este estado hasta que la cola se haya licuado, se estienda alrededor y no forme sino un plano igual. Cuando las burbujas proceden del efecto de la cola y á más son algo grandes, se hace con un cuchillo, ú otro instrumento cuya hoja sea muy delgada, un corte; se hace penetrar por éste la cola muy clara, y se frota con un martillo de chapear hasta que la parte despegada quede adherida. A veces no se perciben estos defectos, particularmente cuando son pequeños, sino cuando la pieza se halla acabada y barnizada; entonces se toma una aguja muy fina enmangada en un pedazo de madera y se pica con la aguja en diferentes partes; enseguida se toma cola muy clara y con la punta del dedo, golpeando ligeramente, se hace entrar por los pequeños agujeros, lo que basta para que se pegue la parte levantada. Luego para hacer desaparecer ó tapar los pequeños agujeros de manera que no puedan percibirse, se mezcla cola clara con aserraduras muy finas de la misma madera; se toma con la punta del dedo y se golpea con ligereza sobre la pieza en los agujeros por algun tiempo para que penetre la cola, y de esta manera se tapan de modo que no se perciben.

Despegar una tapa ya seca.

A menudo sucede que un operario ha colocado mal una chapa, y no lo observa sino cuando está ya seca; no hay nada más fácil para reparar este error que pasar el hierro caliente sucesivamente sobre cada parte de la chapa é irla levantando á medida que la cola se derrite; si esta chapa se hallara junto á otra que no tuviese que quitarse, se colocará sobre ésta lo más cerca que sea posible de la juntura un liston de madera, asegurándolo con la prensa para que el hierro caliente no la haga desprender de la parte que se aproxima al borde de la chapa que se debe despegar; una vez quitada, conserva toda su fuerza y todo su grueso, y puede servir otra vez.

No sucede lo mismo con las chapas que han sido apomazadas y barnizadas, porque las chapas son entonces tan delgadas y conservan tan poca fuerza, que es imposible quitarlas sin que se estropeen; y aunque se pudiese llegar á conservarlas intactas, serian tambien inservibles por los dobleces que formarian.

No obstante, á menudo se reparan los muebles en algunas partes que han sido gastadas; entonces se quita con cuidado esta misma parte, calentándola con el hierro como ya se ha dicho. Esta clase de reparaciones piden mucho cuidado para ser bien hechas. Es necesario que el operario busque madera de la misma naturaleza y de las mismas vetas que tiene el chapeado; entonces adapta perfectamente el pedazo contra la chapa que debe unirse, dándole el color que tenia el mueble, y cuando esto se ha conseguido, apenas se conoce.

Pero este medio no se emplea sino para pequeños defectos; pues para piezas grandes seria muy difícil, por no decir imposible.

Del pulimento.

Cuando una pieza se halla chapeada y seca, se vuelve á aplanar y se pule la madera á fin de hacer resaltar las vetas y la belleza de la madera.

Se empieza por quitar con el formon el

papel y la cola que han quedado en el chapeado; se aplana enseguida con el cepillo de dientes, al que se da muy poco hierro para que no haga astillas, y antes bien se unta la parte inferior del cepillo con grasa á fin de que la cola que ha quedado en el chapeado, calentándose con el roce del instrumento, no se pegue en él. Se pasa el cepillo oblicuamente á los hilos de la madera, y particularmente cuando haya junturas, para no romper los hilos.

Cuando la madera de la cabeza de una pieza es perpendicular á otra, debe tomarse la misma precaucion impeliendo el cepillo diagonalmente ya en una direccion ya en otra, á fin de no aplanar el chapeado con desigualdad. Cuando las junturas son á inglete, se debe siempre impeler el cepillo yendo del vértice de los ángulos hácia el estremo opuesto. Si se hiciese de otro modo, los hilos de la madera tomados transversalmente á su longitud, no hallarian apoyo y se romperian en el lugar de la juntura, particularmente si las maderas son blandas.

A medida que el chapeado se aplana se debe retirar gradualmente el hierro del cepillo hasta que apenas muerda; y se deben emplear tambien varios cepillos cuyos hierros estén rayados progresivamente con más finura y colocados más y más inclinados á medida que vayan siendo más finos los dientes, á fin de que los últimos obren, por decirlo así, como cuchillas. Posteriormente se han reemplazado todos estos cepillos por el que se llama de dos hierros.

Concluida esta operacion, se pasa á pulir. Para esta última operacion, se empieza por unir la superficie con la cuchilla, que se pasa sobre la madera y se coge con las dos manos, siempre inclinada hácia adelante; se debe rascar siguiendo la madera al hilo, pero de manera que la hoja del rascador se halle dispuesta oblícuamente al hilo de la madera, á fin de que tome los hilos unos despues de los otros. Cuando la pieza se ha rascado en un sentido, se rasca luego en sentido opuesto, perpendicularmente al primero, y se acaba con una pequeña pasada de rascador siguiendo el hilo de la madera. Este último paso exige mucha atencion, particularmente en las piezas cuya dureza es desigual; pues si se apoyase demasiado la cuchilla, presentaria una superficie ondulada, particularmente en las junturas, á más de que cuando hay muchas, exigen un cuidado especial.

Despues de la cuchilla se toma el papel de vidrio, que se pasa en el mismo sentido que la cuchilla á fin de quitar el resto de los hilos que hayan quedado levantados; y se continúa hasta que no aparezca ningun hilo sobre la superficie. El chapeado así preparado presenta una superficie muy plana pero de un color bajo, y por las operaciones siguientes toma su color natural, dejándole más vivo y más brillante.

Cuando la pieza se halla en este estado, se toma un pedazo de piedra pómez muy lisa, se hace una muñeca de lienzo que se embebe de aceite de olivo ó de lino, y se aplica á la pieza que se quiere pulir; despues se frota en todos sentidos apoyando fuertemente con las dos manos sobre la piedra, y se continúa de la misma manera hasta que la superficie quede perfectamente lisa. Es necesario evitar durante esta operacion que la piedra pómez haga ninguna raya al través.

La piedra pómez es esponjosa y muy ligera, áspera al tacto, se rompe fácilmente y es susceptible, no obstante, de rayar el acero. Esta piedra es de un color gris; se halla cerca de los volcanes, y la que tiene el grano más unido se considera como la mejor y es la que aconsejamos emplear.

Algunos ebanistas pretenden que se deben tapar los agujeros de la piedra pómez con cera, antes de emplearla, pero este sistema está muy poco en uso.

Lo mismo se dice de la piedra pómez

pulverizada que emplean algunos ebanistas para pulir el chapeado.

La segunda operacion que termina el pulimento consiste en esparcir sobre la superficie de la madera trípoli en polvo muy fino colocado en una muñeca; se frota enseguida la pieza hasta que este polvo esté seco, haya absorbido todo el aceite y secado casi enteramente la superficie de la misma.

El trípoli mezclado con el aceite pierde necesariamente su color. Para que la operacion del pulimento esté bien hecha, debe frotarse la madera hasta que el trípoli haya vuelto á tomar su color natural; y entonces se puede asegurar que no queda aceite sobre la madera.

Debe tenerse mucho cuidado en esta operacion, porque por poco aceite que quedara, podria reaparecer cuando el barniz se hallase aplicado, y producir manchas que seria muy difícil, por no decir imposible, quitarlas.

Casi todos los ebanistas en lugar de aceite de olivas emplean el aceite de linaza, pero no lo usan todos de la misma manera. Los unos mezclan con 1'5 litros de aceite de linaza 400 gramos de litargirio en polvo y 200 gramos de sulfato de zinc (vitriolo blanco), y hacen hervir el todo hasta que se forma superficialmente una película; se deja entonces en reposo y se decanta la parte clara y limpia, que es lo que debe servir.

Para esa operacion otros toman una mitad de aceite y otra de trementina de Venecia.

Otros emplean el aceite de linaza puro, que es el mejor sistema; pero se debe tener especial cuidado en no dejarlo mucho tiempo sobre la madera, para que no se impregne demasiado.

Debe advertirse á los que emplean la trementina, que si ponen demasiada, tiene el inconveniente de que con el tiempo quita el color á la madera.

Cuando se quiere impedir que la caoba se oscurezca con demasiada prontitud, se apomaza con sebo, que es el único medio de conservarle por más tiempo su color natural.

En lugar de trípoli se emplea tambien el ladrillo molido pasado por un tamiz de seda.

Para dejar la piedra pómez más lisa, se frota la parte que debe emplearse sobre una piedra plana, ó simplemente se frota una con otra y despues se redondean todos los ángulos.

En las obras de grande carpinteria se da á la madera el primer grado de pulimento con el rascador, y se termina con la cera amarilla sola ó mezclada con sebo.

Las obras no chapeadas reciben alguna vez el pulimento que se llama de agua. Este no difiere del anterior, sino en que en lugar de aceite se emplea la piedra pómez con el agua; se pasa despues el papel de vidrio y se concluye encerándola ó bien pasando el aceite de linaza en el cual se ha puesto en infusion la ancusa, que da á la madera un rojo subido y queda reluciente por mucho tiempo.

Las maderas blancas y blandas como el abeto y demás, se pulen con la piedra pómez en seco, pasada al través para que queden muy lisas.

Procedimiento para aplanar las hojas de chapeado

Las maderas ú hojas de chapeado se deforman con mucha facilidad á la menor variacion de temperatura, en particular si están mal acondicionadas, en sitios ó demasiado húmedos ó demasiado secos, produciéndose desigualdades en todos sentidos.

Para aplanarlas, los ebanistas emplean el hierro caliente, para lo cual colocan la madera sobre un lienzo algo humedecido, y aplican luego el hierro caliente por encima, planchando la madera como si fuese una hoja de papel.

Si la hoja de chapeado abarquillada, por efecto del calor ó la humedad, se destina al calado, la experiencia ha demostrado que el medio más sencillo y más seguro para aplanarla es el siguiente: Si está torcida ó alabeada en todos sentidos, como sucede á menudo con las hojas de nogal, se la fraccionará por piezas de cierta dimension, particularmente si tiene nudos, los cuales se quitarán. Luego se introducen las piezas por espacio de algunos minutos en un depósito de agua y se las expone luego al aire por poco tiempo. Se las prensa despues entre tablas algo gruesas y bien rectas, sobre las cuales se colocarán pesos. A las veinte y cuatro horas quedará dispuesta la madera para trabajarse.

Si las hojas estuviesen muy poco abarquilladas y de un lado solamente, se mojará con una esponja el lado hueco; al cabo de pocos minutos la madera se presentará recta; con todo, será siempre muy conveniente ponerla en la prensa.

La humedad obra atrayendo la madera hácia sí, es decir, que hace convexa la superficie de la madera en donde obra; así pues, debe tenerse en cuenta esta accion de la humedad al encolar los dibujos en la madera. Es preciso, cuanto se pueda, encolar la hoja de papel ó plantilla sobre la parte cóncava, si la madera presenta concavidad, siempre que la estructura exterior de la madera lo permita.

Es conveniente preservar siempre las hojas de chapeado de la accion del sol y de la humedad, manteniéndola además continuamente en la prensa.

Pulimento de las maderas
(Procedimiento inglés.)

Se dan primeramente á la madera tres capas de barniz de muebles número 2, sin aplicar la una que no esté bien seca la anterior; se rasca luego el barniz con un rascador de acero bien afilado, pero sin tocar absolutamente á la madera. Se pasa luego el papel de vidrio fino, y se encontrará así la pieza en disposicion de recibir el barniz de pulir, del cual se darán cuatro capas dejando que sucesivamente endurezcan; se deja descansar durante algunos dias, cuanto más tiempo mejor; se frota luego con la piedra pómez en forma de polvo impalpable y agua, aplicando la mezcla con un paño. Esta operacion se prolonga hasta obtener una superficie bien unida, se lava luego con agua y se seca con una piel de gamuza. Se expone la pieza al aire por espacio de un dia, pero no durante la noche. Se dan otras capas de barniz de pulir y se frota nuevamente; entonces ya está la pieza en disposicion de recibir el pulimento.

Algunas veces se pule la madera despues del primer frote, en cuyo caso se procede así: se coloca mucha tierra podrida sobre la pieza con bastante agua para poderla trabajar con facilidad; se frota luego hasta que hayan desaparecido todas las rayas y señales procedentes de la operacion anterior. Se quita con la mano la tierra podrida impregnándola bien de agua y pasando luego la esponja. Se seca con una piel de gamuza y se pule despues con la palma de la mano, frotando ligeramente con viveza y en sentido circular; se limpia despues con un pedazo de algodon en rama impregnado con aceite dulce, tocando ligeramente todos los puntos y señales producidos por la tierra podrida. Se quita el aceite polvoreando la pieza con harina de trigo, que tambien se quita luego por medio de un pedazo de seda ó un paño suave.

Pulimento del nogal, el cerezo y el arce

Mézclense tres partes de barniz de laca en escama de consistencia bastante espesa, con una parte de aceite de lino cocido; se agita el todo de modo que la mezcla sea íntima, y se frota luego con viveza la madera con una muñeca de lienzo.

Procedimiento para dar al barniz aplicado con el pincel el brillo del barniz de muñeca.

Despues de bien pulida la superficie del objeto, se aplica el barniz de pincel pardo á todas las partes que deban barnizarse, particularmente en las cavidades producidas por el calado. Se deja secar, y así que por efecto de la desecacion se vuelve quebradizo, se frota con papel sílex muy fino, número 0, con lo cual resulta una superficie muy lisa y se tapan todos los poros. Se limpia nuevamente por medio de un cepillo de crin larga, terminando con aplicar rápida y ligeramente una última capa de barniz pardo al pincel. En este estado resulta un brillo como el del cristal, dando aun mejores resultados si se aplica el barniz de muñeca.

Procedimiento Jackson para aumentar el brillo y el color de las maderas

Se toman dos partes de piedra pomez, otro tanto de alumbre calcinado, que se mezcla con una parte de calamina y una parte de sulfato de hierro calcinado al rojo. Muélase la mezcla y frótese la madera con una muñeca de lana hasta que adquiera brillo.

Prepárese despues la tintura siguiente:

Se hacen hervir 2 kilógramos 720 gramos de laca en barras en cuatro litros y medio de agua hasta la extraccion completa del color y se filtra. Se hacen hervir luego 225 gramos de rubia en 3 litros 40 centílitros de agua, lo cual se digiere en un globo de vidrio que contenga 4'500 litros de alcohol mezclado con 60 gramos de potasa disuelta en 240 gramos de agua, 225 gramos de kermes, otro tanto de cochinilla y 125 gramos de paño escarlata nuevo. Se continúa la digestion hasta la disipacion completa de la materia colorante. Añádase la decoccion de rubia y de goma laca, junto con la cantidad de agua fuerte necesaria para obtener el matiz que se desea. Esta mezcla se aplica con pincel. Para el barniz se tomarán: 450 gramos de ambar blanco, 225 gramos de copal, 225 gramos de esencia de trementina y 2'700 gramos de aceite de nueces, pudiéndose añadir tambien aceite de romero ó de espliego. Se hace digerir todo en el baño de arena hasta que el aceite adquiera la consistencia de jarabe; se filtra el líquido y se aplica como se acostumbra.

Con este procedimiento se obtiene un brillo y color muy notables.

Procedimiento para restaurar el barniz de los muebles barnizados con muñeca

En un litro de agua tibia se disuelven 150 gramos de sal comun, añadiendo gota á gota 50 gramos de ácido sulfúrico. Al terminarse la reaccion, se vierten en esta mezcla 50 gramos de aceite de lino; se coloca el licor en una botella y se agita con viveza.

Para emplear esta composicion se empapará un lienzo con ella, mojando todos los sitios que deban restaurarse, frotando luego con otro lienzo bien limpio y bien seco.

Limpiado de los muebles

Mézclese 1 litro de alcohol, 1 litro de aceite de lino cocido, 25 gramos de resina en polvo y 25 gramos de laca en hojas. Agítese antes de emplearla. Se le aplica con una esponja, un cepillo ó algodon en rama, frotándose bien despues.

Procedimiento para dar lustre á las tablas

Se toma un puñado de cenizas de madera que se ponen en una muñeca de lienzo, haciéndolo hervir todo en un recipiente de agua. Se decanta, haciendo que esta agua de lejia hierva nuevamente con pedacitos de cera. Esta agua se extiende en caliente sobre las tablas, y se frotan luego con un cepillo.

Limpiado de los muebles

Mézclense partes iguales de aceite de lino, cera derretida y esencia de trementina, agitando hasta que la mezcla espese; humedézcase ligeramente un trozo de flanela y frótese el mueble que deba restaurarse, el cual, al poco tiempo, tomará brillo.

Golpes y magulladuras en los muebles

Para quitar ó disimular estas señales se humedece bien con agua caliente la parte que haya recibido el daño; se toman cinco ó seis gruesos de papel chupon muy húmedo y se pasa por encima un hierro caliente hasta que el papel esté seco, repitiendo la operacion si es necesario. Si el daño no es muy importante, basta humedecer el sitio atacado aproximándole un hierro rojo, procurando humedecer continuamente durante la operacion.

Pasta para muebles

Se la obtiene derritiendo dos partes de cera vírgen, una parte de resina y una parte de pez, que se mezcla todo con ladrillo reducido á polvo impalpable.

Otra pasta para la madera y los muebles

Se toma serrin de madera muy fino que se mete en un vaso de tierra, vertiendo luego agua hirviendo; se deja descansar durante ocho ó diez dias agitándolo de cuando en cuando. De este modo se obtiene una pasta que se comprime en un lienzo para expeler toda el agua, conservándola despues en un vaso cerrado. Para emplear esta pasta se le mezcla bastante cantidad de cola fuerte para que adquiera una consistencia pastosa, y con ella se tapan todas las rendijas de la madera. Cuando ha endurecido se limpia y hacen las operaciones necesarias.

Cola para el cuero

Recientemente se hace uso de una cola para unir pedazos de cuero que da muy buenos resultados.

Se mezclan 10 partes de bisulfato de carbono, 1 parte de trementina, una parte de guta-percha. Se limpia bien el cuero para quitarle todas las partes grasas que pueda contener, para lo cual se le envuelve en un lienzo y se le va comprimiendo con un hierro caliente. Las partes encoladas deben comprimirse con fuerza hasta que la cola esté completamente seca.

Cola fuerte de carpintero

Para impedir que la cola se enmohezca, se la enjuga bien con un lienzo mojado, se deja secar y se espolvorea con creta, colocándola despues en un paraje seco, y si es posible al lado de una chimenea.

Pasta de cola

Se toma una tabla gruesa de madera dura, como encina ó nogal, pasando un poco el cepillo por su punta. Sobre esta extremidad se vierten algunas gotas de cola fuerte líquida. Por medio de un escoplo bien afilado se rasca la parte humedecida con la cola, obteniéndose así una mezcla de madera y de cola que se amasa en la misma tabla. Se va añadiendo sucesivamente cola ó raspaduras de madera, segun resulte clara ó espesa la pasta. Se le puede dar además el color que se desee.

El punto más importante para hacer bien esta pasta, la cual, aplicada á la madera, á las pocas horas endurece, dejándose pulir y barnizar muy bien, consiste en amasar bien esta cola con el cincel para que el polvo de la madera que se produce penetre bien en la cola.

Si se aplica á muebles que se restauren, se la aplica con el mismo cincel á medida que se produce para que no espese y adhiera mejor.

En vez de raspar la madera con el cincel se puede emplear una lima ó raspa

bien fina, en particular si se dispone de poca madera.

Tambien se puede hacer pasta de cola empleando el serrin tan fino de las sierras mecánicas que, sin embargo, conviene tamizar para que resulte un polvo homogéneo.

Cola fuerte líquida.—Procedimiento americano

En 20 ó 25 litros de agua hirviente se disuelven al baño maria de 4 $^1/_2$ á 5 kilógramos de carbonato de sosa; conservando la ebullicion y agitando continuamente hasta la disolucion completa, añádanse 30 kilógramos de resina en polvo. Se toma 1 kilógramo de esta primera disolucion, que se dilata en 30 ó 40 litros de agua, y se obtiene la mezcla A. Disuélvanse aparte 10 kilógramos de cola fuerte en 30 á 40 litros de agua y se obtendrá la solucion B. Preparadas así estas soluciones, tómense 3 partes de A y 2 partes de B, que se hacen hervir juntas por espacio de 10 minutos y se filtra.

Cola fuerte resistente al agua

Se disuelve cola fuerte ordinaria en tan poca agua como se pueda; se añadirá, en pequeñas porciones y agitando siempre, aceite de lino secante (hervido con litargirio). La cantidad de aceite depende de la mayor ó menor cantidad de agua empleada en la disolucion de la cola.

CAPÍTULO LXIII

RESISTENCIA DE LAS MADERAS

Experimentos y fórmulas

Las piezas de carpinteria que se empléen en las construcciones, deben resistir segun la direccion de los empujes que obran sobre ellas:

1.° Al *aplastamiento* ó *compresion* en sentido del hilo de la madera, por efecto de una presion ejercida en sentido de su longitud;

2.° A la *presion* en sentido perpendicular á su hilo, por un esfuerzo dirigido perpendicularmente á sus fibras;

3.° Al *arrancamiento* por efecto de una traccion en sentido de la direccion de las fibras;

4.° Al *desgarramiento* por un esfuerzo de traccion perpendicular á las fibras;

5.° A la *ruptura*, por flexion, por un esfuerzo dirigido perpendicularmente á la longitud;

6.° A la *torsion* ó esfuerzo que tiende á colocar las fibras de una pieza de madera en forma de hélice al rededor de su eje longitudinal.

Experimentos de Rondelet sobre los piederechos de madera de seccion rectangular.

Segun los experimentos de este célebre arquitecto, la carga de ruptura de un piederecho rectangular permanece constante, mientras su altura no pase de 7 á 8 veces la menor dimension de su seccion transversal; por lo tanto, siendo 1 la resistencia de un cubo de madera á la compresion, la de los piederechos es proporcional á las cantidades espresadas en el cuadro n.° 1, en el cual $r=\frac{h}{c}$ es la relacion entre la altura del piederecho y el lado menor de su seccion transversal rectangular.

CUADRO N.º 1 (Experimentos de Rondelet).

$r = \frac{h}{c}$	1	12	24	36	48	60	72
Resistencias proporcionales.	1	$^5/_6$	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_6$	$^1/_{12}$	$^1/_{24}$
Cargas en kilóg. por centímetro cuadrado de un montante de encina.	60^k	50	30	20	10	5	2'5

Rondelet admite que la carga permanente de los piederechos de madera puede ser $^1/_7$ de la carga de ruptura como máximo, y que la resistencia á la compresion de un cubo de madera de encina dura es de 420 kilógramos por centímetro cuadrado de seccion transversal; de estos datos se deducen las cifras de la tercera columna del cuadro, que son las cargas que pueden recibir los piederechos de encina dura por centímetro cuadrado de seccion transversal.

Para el abeto, el esfuerzo debe ser de 462 á 538 kilógramos por centímetro cuadrado (término medio 500 kilógramos) de la superficie sobre que se ejerce la presion.

Segun los experimentos de Rennie, para comprimir un cubo de una pulgada inglesa de lado, el esfuerzo en libras es:

Para la encina de.	3860 libras	($271'28^k$ por centímetro cuadrado);			
» el abeto blanco.	1928 »	(135'50	—	—	);
» el pino de América.	1606 »	(112'87	—	—	);
» el olmo.	1284 »	(90'24	—	—	).

Como se ve, estos resultados son muy distintos de los de Rondelet, lo cual será debido, sin duda, á las circunstancias especiales de cada experimento, y quizás tambien de las distintas calidades de las maderas.

Rondelet ha demostrado:

1.º Que la resistencia apenas disminuye, como ya se ha dicho, para un prisma, cuya altura no pase de 7 á 8 veces el ancho de su base;

2.º Que una madera puede ceder doblándose si su altura es igual á 10 veces el lado de su base;

3.º Que, siendo la altura 16 veces el lado de su base, cualquier pieza de madera ya no es susceptible de ofrecer resistencia al aplastamiento propiamente dicho, puesto que la madera se curva, como si estuviese sometida á un esfuerzo transversal, lo cual produce la compresion de ciertas fibras contrayéndolas y alargando á otras, cuya circunstancia modifica la naturaleza de los esfuerzos ó empujes desarrollados en la pieza de madera.

El mismo autor observa que una pieza de madera disminuye de fuerza para resistir á un esfuerzo de compresion en sentido de sus fibras, desde el instante en que empieza á ceder; de modo que la fuerza media de la madera de encina, que es de cuarenta y cuatro libras por línea superficial, con relacion á un cubo, se reduce á 2 libras para una pieza cuya longitud es igual á 72 veces el ancho de su base.

Tomando por unidad de comparacion la resistencia de un cubo, cuya dimension esté representada por 1, se obtendrá la progresion descendente que sigue:

Para un cubo cuya altura es		1 la resistencia es		1 ó $\frac{24}{24}$
Para una pieza cuya altura es		12	—	$\frac{5}{6}$ ó $\frac{20}{24}$
—	—	24	—	$\frac{1}{2}$ ó $\frac{12}{24}$
—	—	36	—	$\frac{1}{3}$ ó $\frac{8}{24}$
—	—	48	—	$\frac{1}{6}$ ó $\frac{4}{24}$
—	—	60	—	$\frac{1}{12}$ ó $\frac{2}{24}$
—	—	72	—	$\frac{1}{24}$ ó $\frac{1}{24}$

de donde resulta que una pieza de madera de encina que puede resistir una carga de 424 kilógramos por centímetro cuadrado, cuando su altura es de 3 cents., resistirá apenas 17 $^1/_2$ kilógs. por centímetro cuadrado cuando su altura sea de 2'16^m.

La resistencia de la madera puede considerarse proporcional al área ó superficie que recibe la presion.

Segun Morin, si los resultados de los experimentos de Rondelet se representan por medio de una curva rectificada, se deducirán una série de valores de la relacion $r=\frac{h}{c}$, comprendidos entre 12 y 72 para las cargas que pueden recibir los piederechos de encina dura por centímetro cuadrado de seccion transversal. Los resultados de estos cálculos están espresados en el cuadro siguiente:

CUADRO N.º 2 (Cálculos de M. Morin, segun la ley de Rondelet).

$r=\frac{h}{c}$	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	48	60	72
Cargas en kilóg. por cent. cuadr.	44'3^k	42	39'4	37	35	32'7	30	26	22	19'1	15'4	10'2	5'4	2'5

FÓRMULAS DE HODGKINSON

Este autor ha establecido para los piederechos de madera las siguientes fórmulas:

Para las seccciones cuadradas $P=K\frac{c^4}{h^2}$,

Para las secciones rectangulares $P=K\frac{bc^3}{h^2}$;

en cuyas fórmulas:

p = carga total en kilógramos, produciendo la ruptura del piederecho;

c = lado de la seccion cuadrada en centímetros, ó lado menor de la seccion rectangular;

b = lado mayor de la seccion rectangular (en centímetros);

h = altura del piederecho en decímetros.

K = coeficiente variable segun la clase

de madera, el cual recibe los valores siguientes:

K = 256'5 para la *encina dura;*

K = 180 para la *encina blanda;*

K = 214'2 para el *abeto rojo*, el *abeto blanco*, el *pino resinoso;*

K = 160 para el *abeto blanco blando* y el *pino amarillo.*

Morin aplica la fórmula de Hodgkinson para la *encina dura*, y deduce el cuadro siguiente:

CUADRO N.º 3 (Fórmula de Hodgkinson).

Relacion $\frac{h}{c}$	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	48	60	72
Cargas en kilógramos por centímetro cuadrado. . . .	178^k	131	100	79	64	44'5	32'8	25	19'8	16	11'1	7'1	4'9

Estos resultados son muy aproximados á los del cuadro n.º 2, para los valores de $\frac{h}{c}$ comprendidos entre 30 y 45 que son los límites de los experimentos de Hodgkinson, diferenciándose notablemente en los demás; así pues no es prudente utilizar este cuadro, debiéndose emplear solamente la regla de Rondelet y el cuadro número 2.

Fórmula general de los experimentos de Rondelet, aplicable á cualquier clase de madera

Si se construyen por medio de puntos los valores dados por el cuadro n.º 1, tomando, por ejemplo, como ordenadas los valores de la relacion $\left(\frac{h}{c}\right)$ y como abcisas las cargas ó las resistencias correspondientes, se obtiene una curva de forma parabólica cuya ecuacion es:

$$(1) \qquad x = a y^2 + b;$$

admitiendo esta hipótesis sin comprobacion se deberan calcular los coeficientes *a* y *b*; pero con el fin de que el resultado sea general, se pondrá:

$y = \frac{h}{c}$, relacion de la altura del piederecho con el lado menor.

$x = \frac{R}{p}$; R = al esfuerzo de ruptura á la compresion, de un cubo de madera por centímetro cuadrado de seccion transversal.

p = carga de ruptura por centímetro cuadrado de un piederecho cuadrado de longitud h cuyo lado de su seccion transversal sea c.

Sustituyendo los valores de x é y, la ecuacion (1) se convierte en

$$(2) \qquad \frac{R}{p} = a\left(\frac{h}{c}\right)^2 + b$$

$$(3) \qquad p = \frac{R}{b + a\left(\frac{h}{c}\right)^2}$$

La fórmula (3) y el cuadro n.º 1 de los experimentos de Rondelet permiten calcular los elementos del cuadro siguiente:

CUADRO N.º 4 (Resistencia de un piederecho de encina dura).

$y=\frac{h}{c}$	Resistencia máxima ó carga de ruptura de un cubo de encina por centímetro cuadrado.	Carga de ruptura p de un piederecho por centímetro cuad. de seccion transversal.	$x=\frac{R}{p}$
1	R = 420 kilóg.	p = 420 kilóg.	1
12	id.	$^5/_6$ R = 310 »	$\frac{420}{310}=\frac{42}{31}$
24	id.	$^1/_2$ R = 210 »	$\frac{420}{210}=2$
48	id.	$^1/_6$ R = 71'4 »	$\frac{420}{71'4}=\frac{70}{11'9}$
60	id.	$^1/_{12}$ R = 35 »	$\frac{420}{35}=12$

En la fórmula (2) se sustituyen las relaciones por sus valores numéricos, deducidos del cuadro 4, y pareándolos resulta:

1.º $\frac{h}{c}$ por 12 y 24; $\frac{R}{p}$ por $\frac{42}{31}$ y 2;

2.º $\frac{h}{c}$ por 24 y 48; $\frac{R}{p}$ por 2 y $\frac{70}{11'9}$

3.º $\frac{h}{c}$ por 48 y 60; $\frac{R}{v}$ por $\frac{70}{11'9}$ y 12;

Se calcularán luego los coeficientes a y b de la fórmula (2), con lo cual se obtienen tres valores para a, de donde se tomará la promedia aritmética, y tres valores para b, tomándose igualmente su promedia aritmética; de este modo se obtiene:

$a = 0'00185$; $b = 0'93$.

Luego la fórmula (3) se convierte en esta otra:

$$(4) \quad p = \frac{R}{0'93 + 0'00185\left(\frac{h}{c}\right)^2}$$

en la cual R espresa la carga de ruptura de un cubo de madera por centímetro cuadrado de seccion transversal.

Para que esta fórmula sea práctica, se sustituirá R por una fraccion de la carga de ruptura á la compresion, igual por ejemplo, á $^1/_7$, segun la indicacion de Rondelet. Adoptando para la carga de ruptura de un cubo de *encina dura*, 420 kilógramos por centímetro cuadrado de seccion transversal, el coeficiente de seguridad será $\frac{R}{7}=\frac{420}{7}=60$ kilógramos por centímetro cúbico.

Si se quiere aplicar esta fórmula á los casos que más comunmente se presentan en la práctica, se sustituirá $\frac{R}{7}$ por los números proporcionales á los coeficientes dados por Hodgkinson, á saber:

para la *encina dura* R = 256'5 y $\frac{R}{7}=\frac{420}{7}=60$ kilógramos

para la *encina blanda* R = 180 y $\frac{R}{7}=\frac{294}{7}=42$ »

para el *abeto duro* R = 214 y $\frac{R}{7}=\frac{350}{7}=50$ »

para el *abeto blando* R = 160 y $\frac{R}{7}=\frac{262}{7}=37'4$ »

Entiéndase bien que estos coeficientes de seguridad no son absolutos, pudiéndoseles sustituir con otros valores deducidos de la práctica. Aplicando la fórmula (4) á la encina dura y tomando $R = \frac{420}{7} = 42$ kilógramos por centímetro cuadrado de seccion transversal, da resultados que se diferencian muy poco de las indicaciones de Rondelet. En el siguiente cuadro los resultados de la fórmula (4) son muy aproximados á las cifras de Rondelet y de Morin.

CUADRO N.º 5 (Resistencia de los piederechos de encina densa).

	Relacion $\frac{h}{c}$ =	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	48	60
Carga por cent. c. de seccion.	Experimentos de Rondelet.	50^k	»	»	»	»	»	30^k	»	»	20^k	»	10^k	5^k
	Cálculo de Morin.	$44'3^k$	42	39'4	37	35	32'7	30	26	20^k	19'1	15'4	10'2	5'4
	Resultados dados por la fórmula (4).	50	46	42'8	39	36	32'8	30	25'2	21'1	18	15'4	11'5	7'8

RESÚMEN Y CONSECUENCIAS DE LOS EXPERIMENTOS DE RONDELET

La fórmula (4), esto es:

$$(A) \quad p = \frac{R}{0'93 + 0'00185 \left(\frac{h}{c}\right)^2}$$

da la carga práctica por centímetro cúbico de seccion transversal de un piederecho rectangular, cuando $R = \frac{1}{7}$ ó $\frac{1}{8}$ de la carga de ruptura por centímetro cuadrado de seccion transversal de un prisma corto ó de un cubo de madera. Para deducir la carga total, bastará multiplicar *p* por la seccion transversal del piederecho, representado en centimetros cuadrados. La fórmula práctica será, pues:

$$(B) \quad P = \frac{K.\ R.\ S.}{0'93 + 0'00185 \left(\frac{h}{c}\right)^2} = \frac{K.\ R.\ b.\ c.}{0{,}93 + 0'00185 \left(\frac{h}{c}\right)^2}$$

en la cual

P = la *carga total* en kilógramos, aplicada á un piederecho de seccion rectangular S.

$K = \frac{1}{7}$ ó $\frac{1}{8}$, segun el grado de seguridad que se quiere obtener.

R = *esfuerzo de ruptura* ó de *aplastamiento* por centímetro cuadrado de seccion transversal de un prisma corto (dado por la práctica).

S = seccion transversal del piederecho en centímetros cuadrados.

h = altura del piederecho en centímetros.

c = lado menor del piederecho en centímetros.

b = lado mayor del piederecho en centímetros.

Observacion 1.ª La fórmula (B) demuestra que la resistencia de un piederecho es proporcional al lado mayor *b* de su seccion transversal, y la fórmula (A) dice que la carga *p* por centímetro cuadrado no depende más que de la relacion $\left(\frac{h}{c}\right)$ entre la altura del piederecho y el

lado menor de su seccion transversal; de esto se deduce que dos piederechos presentarán la misma resistencia por centímetro cuadrado cuando la relacion $\left(\frac{h}{c}\right)$ sea la misma; y si se comparan dos piederechos geométricamente semejantes, es decir, que todas sus dimensiones sean proporcionales entre sí, siendo la relacion $\left(\frac{h}{c}\right)$ la misma para ambos, resulta que la carga por centímetro cuadrado es tambien la misma para los dos; pero como por otra parte, sus secciones transversales son semejantes, las resistencias totales de estos dos piederechos son proporcionales á estas mismas secciones, ó bien proporcionales al cuadrado de la relacion de semejanza de los mismos. Así, *dos piederechos de madera* (de igual especie) *cuyas figuras geométricas sean semejantes, las resistencias á la compresion son proporcionales á la relacion de semejanza.*

Observacion 2.ª Las precedentes fórmulas demuestran tambien que á altura y seccion iguales, el piederecho cuadrado presenta el máximo de resistencia; puesto que, segun la fórmula (A), la carga p por centímetro cuadrado es tanto mayor cuanto más aumenta el lado mayor c, lo cual permite tomar $c = b$, es decir, considerar el piederecho *cuadrado*.

Esta conclusion está conforme con la que dedujo Hodgkinson (2) á saber:

$$P = K \frac{b\, c^3}{h^2}$$

que da igualmente un resultado máximo para la seccion cuadrada, puesto que el producto $b\, c^3$ es el mayor posible, siempre que los factores sean iguales, para un valor constante de la seccion $b\, c$.

Resistencia de los piederechos de madera cilíndricos y elípticos

En general, casi nunca se emplean los piederechos de forma cilíndrica, excepto en los trabajos de mineria, ó cuando las construcciones son provisionales, utilizándose entonces los troncos de los árboles convenientemente descortezados. Sin embargo, es muy útil conocer la pérdida de resistencia que ofrece un piederecho cuadrado procedente de un tronco cilíndrico, cuyo cálculo no podrá ser más que aproximado por desconocerse en absoluto la resistencia de los piederechos cilíndricos.

Supóngase que un piederecho cilíndrico resista como un piederecho cuadrado de seccion equivalente, y para poder comprender el valor de esta hipótesis, constrúyase (fig. 1910) un cuadrado equivalente á un círculo, colocando las figuras de modo que tengan el mismo centro. Las partes que no son comunes á ambas figuras son fracciones del círculo entero, que forman aproximadamente $1/_{19}$ del área del círculo. Bajo el punto de vista de la simetria de los empujes, las partes del círculo que sobresalen son simétricas dos á dos, en el círculo y en el cuadrado equivalente. Así pues, la hipótesis de la igualdad de las resistencias del piederecho cuadrado y del piederecho cilíndrico de seccion equivalente, no se aleja mucho de la verdad, de modo que el error que ofrezca será insignificante.

Sean r el radio del piederecho circular, y c el lado del piederecho cuadrado de seccion equivalente; la expresion de las áreas equivalentes será:

$$S' = c^2 = \pi\, r^2$$

de donde

$$c = r \sqrt{\pi} = \frac{D}{2} \sqrt{\pi} = D \times 0{,}886$$

siendo D el diámetro del círculo.

La resistencia total P′ del piederecho circular se determinará sustituyendo en la fórmula (B), la seccion S por $\pi\, r^2$ y c por D × o'886, en esta forma:

$$(C)\ P' = \frac{K.R.\pi r^2}{o'93 + o'oo185\left(\frac{h}{D \times o'886}\right)^2}$$

$$= \frac{K.R.\pi r^2}{o'93 + \frac{o'oo185}{(o'886)}\left(\frac{h}{D}\right)^2}$$

$$P' = \frac{K.R.S'}{o'93 + o'oo235\left(\frac{h}{D}\right)^2}$$

La resistencia del piederecho cuadrado circunscrito al piederecho cilíndrico se obtiene por la forma general (B), haciendo $c = b = D$, lo cual, para la carga P del piederecho circunscrito, da la expresion siguiente:

$$P = \frac{K.Rc^2}{o'93 + o'oo185\left(\frac{h}{D}\right)^2}$$

de donde, tomando la relacion entre P′ y P y teniendo en cuenta que $C^2 = D^2 = S''$ = área del cuadrado circunscrito á un círculo de diámetro D, se tendrá al propio tiempo:

$$\frac{S'}{S''} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{D^2} = o'7854,$$

por consiguiente:

$$\frac{P'}{P} = o'7854\left\{\frac{o'93 + o'oo185\left(\frac{h}{D}\right)^2}{o'93 + o'oo235\left(\frac{h}{D}\right)^2}\right\}$$

Esta relacion $\frac{P'}{P}$ depende de $\frac{h}{D}$, y para los valores se tiene:

$$\frac{h}{D} = 12, \quad 20, \quad 25, \quad 30, \quad 35, \quad 40, \quad 45.$$

$$\frac{P'}{P} = o'74,\ o'70,\ o'68'\ o'669,\ o'658,\ o'65\ o'644.$$

Así, pues, la resistencia del piederecho cilíndrico varia aproximadamente de $^3/_4$ á $^2/_3$ de la del piederecho cuadrado circunscrito en los límites de la relacion $\frac{h}{D}$ comprendidos entre 12 y 45.

PÉRDIDA DE RESISTENCIA DE UN ÁRBOL (Á LA COMPRESION) DEBIDA Á SU ESCUADRIA

Compárese un piederecho cuadrado con un piederecho cilíndrico circunscrito.

Siendo D el diámetro de este último, su resistencia se obtendrá por la fórmula (C), relativa á los piederechos circulares, á saber:

$$(D)\quad P' = \frac{K.R.\pi r^2}{o'93 + \frac{o'oo185}{(o'886)^2}\left(\frac{h}{D}\right)^2}$$

El valor del lado del cuadrado inscrito en el círculo es:

$$C = R\sqrt{2} = \frac{D}{2}\sqrt{2} = D \times o'707.$$

La resistencia del piederecho cuadrado inscrito en el piederecho cilíndrico se obtendrá con la fórmula (B) sustituyendo en ella c por D × o'707 y 5 por c^2, lo cual dará:

$$(E)\ P = \frac{K.R.c^2}{o'93 + o'o185\left(\frac{h}{o'707 \times D}\right)^2}$$

Tomando la relacion entre P y P′ resulta:

$$\frac{P}{P'} = o'636\left\{\frac{o'93 + o'oo37\left(\frac{h}{D}\right)^2}{o'93 + o'oo235\left(\frac{h}{D}\right)^2}\right\}$$

cuya relacion depende de $\frac{h}{D}$ y en cuanto á los valores será:

$$\frac{h}{D} = 12, \quad 20, \quad 25, \quad 30, \quad 40.$$

$$\frac{P}{P'} = o'73,\ o'81,\ o'859,\ o'88,\ o'92.$$

Resistencia de un piederecho de seccion elíptica.

Para obtener aproximadamente esta resistencia, se supondrá que es igual á la de un piederecho de seccion rectangular equivalente, cuyas dimensiones sean proporcionales á los ejes de la seccion elíptica (fig. 1911).

Sean a y b los semiejes de la seccion elíptica S; H y B la altura y la base de la seccion rectangular equivalente. Segun las condiciones del enunciado, se tendrá:

$$(1) \qquad S = \pi . a . b = H . B$$

$$(2) \quad \frac{H}{B} = \frac{b}{a} \quad \text{de donde} \quad H = \frac{B . b}{a}$$

Sustituyendo el valor de H en la ecuacion (1), se tiene:

$$S = \pi . a . b = \frac{B . b}{a} \times B$$

ó

$$\pi a^2 = B^2$$

$$B = a \sqrt{\pi}$$

por consiguiente:

$$H = \frac{a\,b}{a} \sqrt{\pi} = b \sqrt{\pi}$$

La resistencia del piederecho elíptico se calculará con la fórmula (B) haciendo $S = \pi a b$, $c = H = b\sqrt{\pi}$; lo cual dará:

$$P = \frac{K . R \pi a b}{0'93 + 0'00185 \left(\frac{h}{b\sqrt{\pi}}\right)^2}$$

$$P = \frac{K . R \pi a b}{0'93 + 0'00235 \left(\frac{h}{2b}\right)^2}$$

Comparando esta fórmula con la fórmula (C) relativa á los piederechos circulares, se ve claramente que son idénticas, de modo que, para calcular la carga de un piederecho cilíndrico ó elíptico, se podria tomar la siguiente:

$$(M) \qquad P = \frac{K . R . S}{0'93 + 0'00235 \left(\frac{h}{2b}\right)^2}$$

en la cual S es la seccion transversal circular ó elíptica del piederecho y la cantidad 2 b es el eje menor de la elipse ó 2 b = D, diámetro del círculo.

Aplicaciones de las fórmulas relativas á la resistencia de los piederechos y cuadros gráficos que espresan la resistencia de los piederechos de madera.—Coeficientes de seguridad.

Para ello se han seguido las indicaciones de Hodgkinson, lo cual ha dado para bases de los cálculos los coeficientes de seguridad siguientes:

60	kilógramos	por centímetro cuadrado	para	la encina dura	(base de Rondelet);
42	—	—	—	la encina blanda	—
50	—	—	—	el abeto duro	—
37'4	—	—	—	el abeto blando	—

Cuadro n.° 1 para la comprobacion de los piederechos de madera

Este cuadro comprende cuatro escalas en su parte inferior que se refieren á las cuatro clases de madera indicadas antes, consideradas como tipos de resistencia.

Estas escalas dan la carga máxima que puede aplicarse por centímetro cuadrado de seccion transversal, teniendo en cuenta la relacion entre la longitud y el lado menor de la base, lo cual se mide en la escala vertical del cuadro: dos de estas curvas se refieren respectivamente á experimentos de Rondelet y de Hodgkinson, para los piederechos de seccion rectangular; la tercera curva es relativa á las secciones circulares y elípticas.

En las aplicaciones, la prudencia aconseja servirse esclusivamente de la curva de Rondelet por abrazar los mayores límites (de 12 á 72) de la relacion de la altura al

lado menor del piederecho; mientras que las curvas de Hodgkinson abrazan tan sólo de 30 á 45 de la misma relacion.

Los croquis ó secciones acotadas dan las secciones de los piederechos cuadrados y su cubicacion en decímetros cúbicos.

Primer ejemplo.—Un piederecho de encina dura de 6 metros de altura, cuya seccion transversal es un rectángulo de $0'20^m$ *por* $0'25^m$, *recibe una carga de 11 mil kilógramos (11 toneladas); comprobar la seccion de este piederecho.*

La seccion de este piederecho es $20 \times 25 = 500$ centímetros cuadrados.

La presion por centímetro cuadrado es:

$$\frac{11000}{500} = 22 \text{ kilógramos.}$$

La relacion entre la altura del piederecho y su lado menor es:

$$\frac{6^m}{0'20^m} = 30.$$

Búsquese este número 30 en *(a)* en la escala vertical del cuadro, siguiendo luego la horizontal que pasa por este punto *(a)* hasta la curva de resistencia en *(b) (seccion rectangular)*; sígase luego la vertical que pasa por este punto *(b)* hasta encontrar la primera escala en *(c) (encina dura)*, en donde se encuentra la division $23'5^{kgr.}$, lo cual dice que la carga puede alcanzar 23 kilógramos y medio por centímetro cuadrado de seccion transversal del piederecho; luego la seccion encontrada del piederecho es suficiente.

Observacion.—Si la seccion del piederecho es un círculo ó una elipse, se utilizará la curva relativa á las secciones circulares ó elípticas, tomando la relacion entre la altura y el diámetro para la seccion circular ó el diámetro menor para la seccion elíptica.

Las otras tres escalas horizontales permiten resolver cuestiones análogas relativas á las demás especies de madera: *encina blanda, abeto duro* y *abeto blando.*

Segundo ejemplo.—Determinar la seccion cuadrada de un piederecho de encina dura de 6 metros de alto, que debe recibir una carga de 15,000 kilógramos (15 toneladas).

Solucion por cálculo.—En la fórmula (B) se hará $h = 6$ metros, $P = 15{,}000$ kilógramos, $S = c^2$, $R = 420$, $K = {}^1/_7$; con lo cual se tiene:

$$P = \frac{K \,.\, R \,.\, S \,.}{0'93 + 0'00185 \left(\frac{h}{c}\right)^2}$$

ó bien:

$$15{,}000 = \frac{\frac{1}{7} \times 420\, c^2}{0'93 + 0'00185 \times \frac{36^2}{c^2}}$$

cuya ecuacion, resolviéndola con relacion á *c*, da por resultado $c = 0'233^m$ ó sea 24 centímetros.

Solucion por el cuadro gráfico. N.° 1.—Supóngase que $c = 0'20^m$; la relacion de la altura con este lado menor será:

$$r = \frac{6^m}{0'2^m} = 30.$$

Esta relacion 30 corresponde á la carga $23'5^{kgr.}$ por centímetro cuadrado, tratándose de la encina dura. Segun los datos del problema, la seccion cuadrada del piederecho en centímetros cúbicos seria:

$$\frac{15000}{23'5} = 638 \text{ centímetros cuadrados;}$$

por consiguiente, la segunda dimension de la seccion transversal seria:

$$\frac{638}{20} = 318 \text{ milímetros ó 32 centímetros.}$$

Se podrá, pues, adoptar una escuadria de 20 por 32 centímetros; pero si se prefiere la seccion cuadrada, se resolverá un nuevo cálculo aumentando la primera dimension propuesta, y otro, si así con-

viene, hasta que se encuentren dos dimensiones casi iguales.

Para evitar el tanteo y poder encontrar soluciones rápidas, se ha trazado un nuevo cuadro que á primera vista da las escuadrias de los piederechos cuadrados correspondientes á cargas y alturas dadas, como luego se esplicará, así como tambien las resistencias de los piederechos rectangulares.

Descripcion de los cuadros 2 y 3 para obtener las escuadrias de los piederechos de madera correspondientes á una carga dada.

El cuadro n.º 2 da las resistencias de los piederechos cuadrados de 10 á 25 centímetros de lado, y el cuadro n.º 3 las resistencias de los piederechos cuadrados de 25 á 40 centímetros de escuadria. Las secciones acotadas en centímetros son las de los piederechos cuadrados, en las cuales las cifras grandes representan la cubicacion de cada piederecho en decímetros cúbicos por metro de longitud.

Las resistencias ó las cargas que puede recibir, con seguridad, cada piederecho cuadrado segun su especie, su escuadria y su altura, se miden en las escalas horizontales, en donde se ven las indicaciones de cada especie de madera.

La altura de los piederechos se mide en la escala vertical de cada cuadro.

Las curvas de resistencia llevan las indicaciones 10 centímetros, 11 centímetros, etc., hasta 40 centímetros, como indicacion de las escuadrias de los piederechos. Así, la curva 10 centímetros da la resistencia de los piederechos de 10 centímetros de lado y así las demás curvas.

Primer ejemplo.—Para obtener la carga de un piederecho cuadrado de *encina dura* de 6 metros de alto y 23 centímetros de escuadria, se busca la cota 6 metros en la escala vertical del cuadro 2; se va siguiendo la horizontal que pasa por el punto de division 6 metros hasta la curva (23 cent.) en (*b*), se sigue luego verticalmente la línea del cuadro que pasa por este punto (*b*), hasta encontrar la escala de la *encina dura*, en donde se cuenta en (*c*) el resultado 14,500 kilógramos para la carga buscada.

Segundo ejemplo.—Calcular el lado de un piederecho cuadrado de encina dura, de 6 metros de alto que debe soportar una carga de 15,000 kilógramos (15 toneladas).

El punto (*a*) en donde se cruzan las líneas del cuadro que pasan por los puntos de division de las escalas (6 metros sobre la escala vertical, y 15,000 kilógramos en la escala de la *encina dura*) está situado entre las curvas 23 y 24 centímetros; lo cual indica que es ésta la escuadria buscada, adoptándose para más seguridad la cifra más alta.

Observacion.—Observando que la separacion de las curvas de resistencia sigue una ley regular, resulta que las curvas trazadas á igual distancia de las del cuadro, darán *muy aproximadamente* las resistencias de los piederechos cuyas escuadrias van variando de medio centímetro cada una.

Tercer ejemplo.—(Seccion rectangular.) Determinar la seccion rectangular de un piederecho de encina dura de 6 metros de alto que debe soportar una carga de 16 mil kilógramos.

Se ha dicho ya que el piederecho de seccion cuadrada es más económico que el de seccion rectangular; pero como no siempre puede disponerse de aquélla, es muy conveniente que se conozca su cálculo.

Principíese por establecer una relacion simple entre las dos dimensiones de la seccion transversal, de $^3/_4$, por ejemplo. Se tomarán pues los $^3/_4$ de 16 toneladas, lo cual da 12 toneladas; se determinará luego, como en el ejemplo anterior, la escuadria de un piederecho cuadrado, de

encina dura, de 6 metros de alto que deba recibir 12 toneladas de peso. El cuadro número 2 da el punto (*d*) situado entre las curvas (21 cent. y 22 cent.); se tomarán pues 22 centímetros para el lado menor del piederecho; por consiguiente, el lado mayor tendrá $\frac{4}{3}$ de 22 ó 29 centímetros; así pues, la escuadria buscada es 22 por 29 centímetros.

Para comprobar esta escuadria por medio del cuadro, se toma la relacion de la altura 6 metros del piederecho con su lado menor 22, lo cual da:

$$\frac{6^{m}}{0{,}22^{m}} = 27,$$

cuya relacion corresponde á una carga de 26 kilógramos por centímetro cuadrado.

La seccion del piederecho es:

$$22 \times 29 = 638 \text{ centímetros cuadrados;}$$

la carga total es:

$$638 \times 16 = 16{,}588 \text{ kilógramos,}$$

cuya cantidad es mayor que la carga impuesta por el problema.

Tambien puede presentarse la cuestion inversamente, como sigue:

Cuarto problema.—Determinar la resistencia de un piederècho rectangular de encina dura, de 6 metros de alto y cuya escuadria es igual á $^{22}/_{29}$ *centímetros.*

Se buscará la resistencia de un piederecho cuadrado de una escuadria igual al lado menor cuya cota es 22 centímetros; el cuadro n.º 2 da la carga 12,500 kilógramos; luego se pone la proporcion:

$$\frac{12^{c}}{29^{c}} = \frac{12{,}500}{x}$$

de donde $x = 16{,}400$, kilógramos.

LEY DE PROPORCIONALIDAD QUE PERMITE CALCULAR LOS CUADROS GRÁFICOS 2 Y 3 PARA LA ESCUADRIA Y ALTURA DE PIEDERECHO QUE SE DESEE.

Como ya se ha dicho, de los experimentos de Rondelet se deduce que la carga de un piederecho por centímetro cuadrado, depende únicamente de la relacion entre su altura y el lado menor de su base; de lo cual resulta que, para dos piederechos semejantes, la carga, por unidad de seccion transversal, es la misma, y las *cargas* ó *resistencias totales* son proporcionales á las secciones, ó lo que es lo mismo, proporcionales á los cuadrados de las dimensiones. Así, todas las dimensiones de un piederecho se reducen á la mitad y la resistencia se reduce á la cuarta parte.

Para demostrar esta ley tan sencilla, supóngase que se trate de determinar la carga que pueda recibir un piederecho cuadrado de encina dura de 48 centímetros de escuadria y 12 metros de altura. Redúzcanse las dimensiones de este piederecho á la mitad, con lo cual se deberá buscar la resistencia de un piederecho de 0'24^{m} de escuadria y de 6 metros de altura: el cuadro da 16,500 kilógramos; de lo cual se deduce que el piederecho propuesto podrá soportar una carga de 16'5 $\times$ 4 = 66 toneladas.

RESISTENCIA A LA PRESION PERPENDICULAR Á LA DIRECCION DE LAS FIBRAS

Segun Ganthey, cuando se ejerce un esfuerzo en la superficie de una pieza de madera de encina perpendicularmente á la direccion de sus fibras, para que estas fibras no cedan, no debe esceder esta presion de 160 kilógramos por centímetro cuadrado de superficie comprimida, siempre que la madera sea de buena calidad y no se localice el agua en sus juntas.

Segun Tregold, la carga que recibe la madera sobre una superficie paralela á la direccion de sus fibras debe ser siempre mucho menor que sobre una seccion transversal perpendicular á esta misma direccion: la presion perpendicular, por pulgada inglesa cuadrada, debe ser solamente de

1,400 libras para la encina (108 por cent. cuadrado).
1,000 » para el abeto (78 » »).

RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO Ó ESFUERZO DE TRACCION EN SENTIDO DE LA LONGITUD DE LAS FIBRAS.

La resistencia de la madera de encina en sentido de la longitud de las fibras es, segun Rondelet, de 102 libras por línea cuadrada, ó 981 kilógramos por centímetro cuadrado de la superficie ó seccion perpendicular á la direccion de esfuerzo de transaccion.

M. Bardow ha hecho experimentos en piezas de madera de un tercio de pulgada inglesa, unos 0'0085^{m} de diámetro; los resultados obtenidos se refieren, en el siguiente cuadro, á la fuerza necesaria para verificar la ruptura representada en libras, para 1 pulgada cuadrada inglesa, y en kilógramos para 1 centímetro cuadrado.

					TÉRMINO MEDIO.
Abeto.	1.°	12,857	libras.	903'59^{k}	857^{k}
	2.°	11,549	»	811'66	
Fresno.. . . .	1.°	17,207	»	1,209'31^{k}	1,200
	2.°	16,947	»	1,191'04	
Haya..		11,467	»	805'90	
Encina. . . .	1.°	9,198	»	646'44	730
	2.°	11,580	»	813.84	
Teack.		15,090	»	1,060'53	
Boj..		19,841	»	1,394'43	
Peral..		9,822	»	690'29	
Caoba.		8,041	»	565'12	

De esto resulta que, entre las maderas comprobadas, el fresno es la que presenta mayor resistencia, y la encina y la caoba las que la tienen menor.

Segun los mismos experimentos, la adherencia lateral de las fibras en la madera de abeto, ó el esfuerzo necesario para separar ó dividir una pieza de esta madera en dos partes, en sentido de su longitud, abriéndola paralelamente á las fibras es, de 592 libras por pulgada cuadrada ó 41'606 kilógramos por centímetro cuadrado.

De los experimentos de Minard y Desormes, se deduce que la fuerza de esta adherencia para el fresno, en las mismas circunstancias, es de 57 kilógramos por centímetro cuadrado.

RESISTENCIA Á LOS ESFUERZOS DE TRACCION PERPENDICULARES Á LA LONGITUD DE LAS FIBRAS.

Si bien es muy raro que en las construcciones de madera se presente el caso de que haya piezas que tengan que resistir á un esfuerzo perpendicular á la direccion de sus fibras con tendencía á desunirlas, para que este estudio sea completo, en el siguiente cuadro, debido á los experimentos de Tregold, se representa la fuerza de cohesion de la madera, en libras por pulgada cuadrada inglesa, y en kilógramos por centímetro cuadrado:

Para la encina.. .	2,316 libras.	162'77 kilógr.
Para el álamo.. .	1,782 »	125'24 »
Para el alerce.. .	970 á 1,700 lib.	68 á 120 kilógr.

RESISTENCIA Á LA RUPTURA POR FLEXION

La resistencia de la madera, en las circunstancias que se han esplicado anteriormente, se determina completamente por los resultados experimentales, puesto que en dichas circunstancias los esfuerzos dirigidos paralelamente ó perpendicularmente no experimentan ninguna descomposicion; por consiguiente, la evaluacion de la superficie sobre la cual están dirigidos estos esfuerzos basta para dar su medida; mas no sucede lo mismo cuando las piezas deban resistir á la ruptura por flexion. El esfuerzo que puede producir esta ruptura se descompone de modo que su accion obre con

desigualdad y de un modo muy distinto sobre las fibras. Si bien de la teoria de la resistencia de los sólidos bien aplicada se pueden deducir las reglas segun las cuales se determinarán las formas y dimensiones de los materiales empleados en las construcciones; sin embargo, estas teorias no pueden aplicarse completamente á la resistencia de las maderas á la ruptura. Se sabe ya que cuando una pieza de madera está colocada horizontalmente, apoyando sus dos estremos en soportes fijos, se dobla ó encorva si se la carga con suficiente peso; y si las dimensiones de su escuadria son muy reducidas con relacion á su longitud, sus fibras se curvan por su propio peso segun una línea convexa por la parte inferior.

Mientras esta curva no pase de cierto límite, al quitarle el peso que obra sobre ella, volverá á adquirir su primitiva posicion; pero más allá de este límite, si bien podrá disminuir la curvatura, no podrá jamás tomar la posicion recta que tenia antes, por haber disminuido la elasticidad de sus fibras y perdido parte de su fuerza.

Aumentada la carga por la adicion de nuevos pesos, aumentará igualmente la curvatura, hasta el momento en que por ser ésta escesiva producirá la ruptura; sucediendo que, con relacion á las maderas duras, se rompen muchas veces, sin producirse curvatura sensible.

Suponiendo que la pieza de madera sea exactamente prismática y su materia perfectamente homogénea en toda su extension, la ruptura se verificará siempre en mitad de su longitud, precisamente en la vertical, punto en donde se ha verificado el máximo de curvatura de todas las fibras.

Bernoulli observó que en las rupturas de los cuerpos elásticos, y por consiguiente en las de la madera, no todas las fibras sufren del mismo modo; las de la parte superior de la pieza se comprimen unas con otras, y las de la parte inferior se dilatan con desigualdad segun el lugar que ocupan en el espesor vertical de la pieza, pierden su cohesion y se rompen. Considerada una pieza bajo esta accion, si se la supone dividida en un gran número de capas horizontales, se nota entre las capas de la parte superior que están contraidas y las de la parte inferior que están alargadas, una capa que parece como que no haya sufrido más alteracion que su simple curvatura, sin que haya aumentado ni disminuido su longitud, á cuya capa se le ha dado el nombre de *capa neutra* para representar que las fibras que la componen no participan de los movimientos que afectan á las demás capas.

Estas consideraciones demuestran la importancia y complicacion que ofrece el estudio de la resistencia de las maderas, y las condiciones á que debe obedecer el análisis para obtener resultados que puedan considerarse exactos y rigurosamente aplicables. Las hipótesis que se establecen en el cálculo de las resistencias de las varias materias no pueden admitirse de ningun modo desde el momento que se trata de la madera. Así, por ejemplo, en las teorias que se establecen para la resistencia de los sólidos, hasta en aquellos en donde se introduce la elasticidad, se supone perfecta homogeneidad de la materia, cuya forma y dimensiones se trata de determinar, para que resista un esfuerzo dado; de modo que no es posible aplicar rigurosamente las fórmulas obtenidas con tal hipótesis á la cuestion de la fuerza de la madera, atendido que este material es de los menos homogéneos, por más sano, recto y uniforme que sea, y por bien que se le haya escuadreado con precision y simetria.

Una pieza de madera escuadreada no es más que un prisma cuadrangular sacado de un árbol, cuya forma conoidal está compuesta de capas paralelas, conoidales tambien, las cuales no son nunca

paralelas ni están igualmente espaciadas, y, por consiguiente, el número, fuerza y distribucion de las fibras varian muy irregularmente de un extremo á otro de la pieza. Así, pues, al escuadrear un árbol con el hacha, esta herramienta no cortará el mismo número de capas y de fibras en todos los puntos de la longitud, lo cual es una nueva causa de falta de homogeneidad de la pieza.

Los experimentos de Buffon prueban que, en todo árbol, por unido y sano que esté, la densidad de la madera no es la misma cerca de la raiz que en la cima; que tampoco es la misma en el corazon que en la periferie; que tampoco es igual en un árbol que en otro, y que, en fin, el sinnúmero de irregularidades y accidentes en la direccion y union de las fibras influyen muy sensiblemente en la fuerza de una pieza de madera, relativamente á la posicion del máximo de flexion y de su punto de ruptura.

Tambien influye mucho en la fuerza de una pieza el sentido segun el cual se la coloque. Buffon ha probado por medio de experimentos repetidos, que una pieza cuadrada, desbastada fuera del corazon de un árbol, de modo que las capas anuales sean paralelas á dos de sus caras de escuadria, es mucho más resistente si se colocan estas capas de canto y no horizontales. Está probado tambien que una pieza de madera de rama escuadreada es más fuerte que la de tronco escuadreada tambien, tomada fuera del corazon, teniendo ambas las mismas dimensiones. La madera tomada cerca de la base es más fuerte que la de la cima.

Todo esto hace que, al resolver las fórmulas relativas á la resistencia, deba aplicarse tan sólo el *décimo* de los esfuerzos ó cargas que resulten de las mismas.

Debe observarse que desde el momento en que una pieza de madera principia á hacer flexion por efecto de la carga que recibe, pierde entonces su fuerza, curvándose más y más sus fibras y produciendo muy mal efecto á la vista.

La fórmula más sencilla para el cálculo de las resistencias es la de Galileo que, á pesar de no ser verdaderamente exacta más que en ciertos casos particulares, como cuando se trata de una rigidez y homogeneidad perfectas, con todo es una de las que dan resultados más aproximados. Está basada en el principio de que la resistencia de un prisma, tal como una pieza de madera escuadreada que apoya por sus dos extremos en soportes, está en razon directa de su espesor horizontal, en razon del cuadrado de su espesor vertical, y en razon inversa de su longitud, lo cual está representado por la ecuacion

$$R = \frac{feh^2}{l}$$

en la cual R representa la resistencia de la pieza de madera ó el peso bajo el cual se romperia.

e espesor horizontal;
h espesor vertical;
l longitud;
f coeficiente que depende de la fuerza de la madera, determinado por la experiencia.

Esta fórmula concuerda con la de Navier, de que se tratará luego.

De los experimentos de Buffon resulta que la resistencia de las piezas de madera *no está* exactamente en razon inversa de su longitud, y que va decreciendo tanto más y con más rapidez cuanto más aumenta la longitud, ó que aumenta más rápidamente á medida que la longitud disminuye. Pero estas variaciones no son tan notables para que el resultado que se obtenga pueda afectar notablemente á la solidez de las construcciones; tanto es así, que al practicar Buffon ciertos ensayos con dos piezas exactamente de igual escuadria, cuyas longitudes eran el doble una de otra, encontró que la resistencia

de la primera era un poco menor que la mitad de la resistencia de la otra pieza.

Resistencia á la torsion

Muy contados son los experimentos que se han hecho relativos á la torsion de las maderas; su aplicacion á la carpinteria ordinaria es muy rara, de modo que casi únicamente se aplica á la carpinteria para máquinas, para determinar los diámetros de los árboles de las ruedas, de los molinos y de las cabrias.

Esta cuestion se ha tratado por el análisis admitiendo hipótesis que, bajo el punto de vista de los movimientos de las moléculas, no se adaptan bien al estado fibroso de la madera, y, por lo mismo, no pueden dar resultados seguros en la práctica.

Todo lo que se conoce relativo á los cuerpos homogéneos es que el ángulo de torsion es proporcional á esta misma torsion; que sea cual fuere la longitud de la pieza torcida, su resistencia á la ruptura por torsion es la misma, y que cuanta mayor longitud tenga el cuerpo, mayor es el ángulo de torsion en el momento de la ruptura.

Siendo P, la fuerza que produce la ruptura;

D, el brazo de palanca;

b, el lado mayor de la escuadria de la pieza torcida;

c, el lado menor;

r, el radio de la seccion, si es cilíndrica;

T, la resistencia á la torsion por unidad de superficie en el acto de la ruptura, se tendrá:

Para un prisma rectangular

$$P\,D = T\frac{b^2\,c^2}{3\sqrt{b^2 \times c^2}}$$

Para un cilindro

$$P\,D = T\,\frac{\pi\,r^3}{2}$$

PIEZAS DE MADERA CONSIDERADAS AISLADAMENTE

Resistencia de una pieza de madera horizontal que recibe una carga en el punto medio de su longitud.

La resistencia de una pieza de madera $a\,b$ (fig. 1897) que recibe una carga P en su punto medio, está representada por la expresion

$$R = \frac{f\,e\,h^2}{l}$$

Aplicando esta fórmula, supóngase que se trate de determinar la resistencia de una pieza horizontal apoyada por sus extremos en unos soportes, y cuyas dimensiones sean:

Longitud 18 pies,	5 pulg.	7 lín.	= 2659 lín.	=	6'00m
Espesor vertical	10 »		= 120 »	=	0'271
Espesor horizontal 5 »	11 »	=	71 »	=	0'160

El coeficiente f, deducido de los experimentos de Buffon, es de 45 lib., que corresponde al término medio de las piezas cuyo ancho vertical es $^1/_{22}$ de su longitud; así, la fórmula anterior se convierte en

$$R\,\frac{45 \times 71 \times 120^2}{2659} = 17{,}302 \text{ libras.}$$

Si la operacion se resuelve por el sistema métrico, reduciendo el todo á milímetros, el coeficiente será entonces 4'33 kilógramos y resulta:

$$R = \frac{4'33 \times 160 \times 271}{6000} = 8470 \text{ kilóg.}$$

Luego, la pieza puede recibir una carga de 8,470 kilógramos, cuyo resultado se doblará si la carga debe ser uniforme.

Resistencia de una pieza de madera colocada horizontalmente, fija por uno de sus extremos, que recibe carga en el otro extremo.

Si se considera una pieza colocada inversamente del caso anterior y que, en vez

de recibir carga, está sometida á una fuerza que obra de abajo arriba, en mitad de su longitud, estando retenida por los puntos fijos *a*, *b*, su resistencia será la misma, es decir, que, si es susceptible de recibir una carga P en su punto medio en direccion de arriba abajo, resistirá el mismo esfuerzo P que si la carga obra de abajo arriba.

Si permanece en equilibrio sobre un apoyo fijo en su centro, será horizontal; su resistencia será la misma si está cargada con un peso $\frac{P}{2}$ en cada uno de sus dos estremos.

Si la mitad de su longitud está fija en un muro, la otra mitad libre podrá soportar igualmente un peso representado por $\frac{P}{2}$. De lo cual se deduce que, una pieza horizontal fija por uno de sus extremos podrá soportar en el otro un peso igual á la mitad del que resistiria una pieza de doble longitud colocada libremente sobre dos apoyos. Lo mismo se verifica con un piederecho vertical que deba resistir un esfuerzo horizontal aplicado á su extremidad superior.

Resistencia de una pieza de madera horizontal entregada en los muros por sus dos extremos.

Se ha observado que, cuando una pieza de madera horizontal está fija por sus dos extremos en los muros que la soportan, adquiere un aumento de fuerza igual á un tercio de la que tendria si estuviese colocada libremente en los apoyos. Así, la pieza que en el ejemplo anterior se ha encontrado tener una resistencia igual á 8470 kilógramos, si está entregada con mezcla en los muros, adquiere un aumento de resistencia igual á 2823 kilógramos que, sumados con los anteriores, dan un total de 11,293 kilógramos, que es la carga que puede recibir haciendo trabajar á la madera á $^1/_{10}$.

Este aumento de resistencia obedece á que, si la pieza hace flexion, su longitud ó luz entre los dos muros se encontrará dividida por dos puntos de inflexion *m*, *n* (figura 1898), entre su punto medio y sus entregas, á una distancia de cada una á poca diferencia igual á $^1/_8$ de su luz total, tomando entonces la forma representada por A *m* O *n* B.

Si l representa la luz de la pieza entre muros, $\frac{3l}{4}$ representará la distancia de los dos puntos de inflexion considerados como puntos de apoyo accidentales. Siendo $R=\frac{feh^2}{l}$, la resistencia para la pieza libre, la de la parte comprendida entre los dos puntos de inflexion *m*, *n*, será

$$R=\frac{4feh^2}{l} \quad \text{ó bien} \quad \frac{feh^2}{l}+\frac{feh^2}{3l}$$
$$=R+\frac{1}{3}R.$$

A pesar de esta propiedad ó ventaja que ofrecen las entregas en los muros, no debe tenerse en cuenta en la práctica, por cuanto las vibraciones de las piezas se comunican á los muros y los conmueven.

Si la pieza de madera tiene una longitud considerable y está soportada libremente por apoyos espaciados con igualdad, cada parte de la pieza correspondiente al intérvalo entre dos apoyos consecutivos, puede soportar doble carga de la que seria susceptible si su longitud fuese tan sólo igual á este intérvalo; puesto que, en este caso, los puntos de inflexion están situados á distancias iguales de los puntos de apoyo y del centro de la pieza.

En este caso, la resistencia de cada parte de la pieza comprendida entre cada punto de inflexion es $R=\frac{2feh^2}{l}=2R$.

Resistencia de una pieza de madera que recibe una carga en un punto cualquiera de su longitud.

Sea una pieza horizontal A B (fig. 1898), colocada libremente en los apoyos A y B,

cargada en R con el peso que puede soportar, que es el que debe determinarse, conociéndose las dimensiones de la escuadria de la pieza así como tambien su longitud. Sea $A R = a$ y $B R = b$, de modo que $A B = a + b$. Si en vez de tener la pieza la longitud A B, fuese ésta el doble de A R, es decir, $A A' = 2a$; representando el peso que soportaria en su punto medio R por p, y siendo p' el peso que tambien soportaria en este punto si la longitud de la pieza fuese el doble de B R, es decir, $B B' = 2b$, el momento del peso p seria $\frac{p}{a}$ y el de p' seria $\frac{p'}{b}$; la semisuma de estos momentos será el valor del peso que puede reportar la pieza en el punto R.

Así, llamando P al peso buscado se tiene

$$P = \frac{ap + bp'}{2(a+b)}$$

Resistencia de una pieza de madera cargada en varios puntos de su longitud.

Sea (fig. 1899) una pieza de madera horizontal colocada entre los apoyos A y B, cuya longitud $AB = l$, la cual recibe una carga P en el punto D á la distancia $A D = a$, y otra carga P hácia el otro extremo á la distancia $BE = b$; si la accion de estos dos pesos es capaz de romper la pieza, el punto de ruptura C corresponderá á una resultante.

Sea pues $A C = x$; en este caso el punto C se determinará con la ecuacion $\frac{aP}{x} = \frac{bQ}{l - x}$, de la cual se deduce:

$$A C = x = \frac{aP + bQ}{aPl}.$$

Suponiendo $x = \frac{d}{2}$ se tendrá $aP = bQ$; y si $a = b$, se tendrá tambien $P = Q$; llamando T al peso que, colocado en medio de la pieza, seria capaz de romperla, se ve que $P + Q$ es constantemente mayor que T, y que, por consiguiente, no será posible romper una pieza de madera con la carga que, colocada en su punto medio, produce su ruptura, si se reparte de un modo cualquiera en dos puntos de su longitud.

Este caso se aplica igualmente á un número cualquiera de pesos, iguales ó desiguales, colocados arbitrariamente á lo largo de una pieza, cuya carga se puede fraccionar en dos grupos á ambos lados del centro de su longitud, tomándose la suma de sus momentos con relacion al punto de ruptura.

Una de estas sumas sustituirá á aP y la otra á bQ en la ecuacion

$$\frac{aP}{x} = \frac{bQ}{l - x}.$$

Resistencia de una pieza de madera cuya carga se reparte uniformemente en su longitud.

Se ha observado que toda pieza de madera es capaz de soportar una carga mucho más considerable desde el momento en que, en vez de colócar esta carga en su punto medio, se la reparte en toda la longitud de la pieza.

Por el análisis se encuentra que si la carga está repartida con uniformidad, puede soportar la pieza el doble del peso que soportaria en su centro.

Hé aquí una demostracion geométrica de este hecho. Sea una viga A B D E proyectada horizontalmente (fig. 1900) y colocada á nivel en los apoyos A, E, B, D. Atendiendo á la mitad de su longitud, sea P el peso soportado por esta mitad en el punto correspondiente á M N. Este peso puede representarse por un rectángulo cuyo ancho horizontal sea $M N = e$ y la altura vertical $= h$; el valor del rec-

tángulo es $e\,h = P$. Llamando l á la longitud A M de la mitad de la pieza, $e\,h\,l$ es el momento del peso P, cuya cantidad representa un prisma que tendrá por base el rectángulo E A M N $= e\,l$ y h por altura. Sea Q el peso que se reparte uniformemente en la semilongitud de la viga, el cual puede representarse por otro rectángulo de igual ancho e para la base, y por altura otra vertical h'; así resulta $Q = e\,h'$.

Los pesos P y Q son entre sí como los rectángulos $e\,h'$, $e\,h$, ó como sus alturas h y h' Sea q un peso parcial del peso Q, que igualmente se puede representar por un rectángulo cuya base e' esté contenida en la base e de los demás rectángulos, tantas veces como el peso parcial q pueda estar contenido en el peso Q, siendo h' la altura de este pequeño rectángulo. El producto $e'\,h'\,l'$ del rectángulo $e'\,h'$ por la distancia L O $= l'$, será el momento del peso parcial q correspondiente á la línea M′ N′, cuyo momento está representado por un paralelepípedo que tiene por base el rectángulo formado en L O con la altura h', es decir, $h'\,l'$, siendo su espesor e'. La reunion de todos los paralelepípedos que representan los momentos de los pesos parciales q, forman un prisma triangular que tiene por base el triángulo E A M y h' por altura, que es la suma de los momentos de los pesos q. Para que esta suma de los momentos de los pesos parciales sea igual al momento del peso P, es necesario que el prisma triangular, cuya base es el triángulo E A M y la altura h', sea igual al prisma cuadrangular cuya base es el rectángulo E A M N y la altura h. El triángulo E A M es la mitad del rectángulo E A M N; luego, para que tenga lugar la igualdad es indispensable que h' sea el doble de h; lo cual demuestra que Q debe ser el doble de P, y que, por consiguiente, el peso repartido en la longitud de una viga puede ser doble del que reciba en su punto medio.

Resistencia de una pieza de madera cilíndrica á la flexion

Sea A B D E (fig. 1901) la seccion circular de un tronco, que se considera cilíndrico, apoyado horizontalmente por sus extremos en dos soportes. Sea d el diámetro del círculo A B D E; supóngase dividido longitudinalmente el árbol en un sinnúmero de piezas ó tablas delgadas, paralelas, como la representada en X Y. La resistencia para cada tabla será, como en los casos anteriores, $R = \frac{f\,e\,h^2}{l}$ y la suma de todas estas resistencias será la del árbol cilíndrico.

El análisis da para esta suma de resistencias totales $D = \frac{2\,f\,d^3}{3\,l}$, es decir, que la resistencia de la pieza cilíndrica es los dos tercios de la resistencia $R = \frac{f\,d^3}{l}$ de la pieza cuadrada, cuyo lado de escuadria es el diámetro d, hallándose, por lo tanto, circunscrito á la pieza cilíndrica.

Si se desea conocer la resistencia de la pieza cuadrada inscrita al cilindro cuyo diámetro es d, el lado de su escuadria es $\frac{d}{\sqrt{2}}$; encontrándose $r = \frac{f\,d^3}{2\,l\sqrt{2}}$, de modo que, para la resistencia de las tres piezas se tiene:

$R = \frac{f\,d^3}{l}$ para la pieza cuadrada circunscrita al cilindro,

$D = \frac{2\,f\,d^3}{3\,l}$ para la pieza cilíndrica.

$r = \frac{f\,d^3}{2\,l\sqrt{2}}$ para la pieza cuadrada inscrita al cilindro.

Las resistencias R, D, r, de estas tres piezas están en las relaciones 1, $^2/_3$, $\frac{1}{2\sqrt{2}}$.

Segun la teoria de Navier, de que luego se tratará, la resistencia de una pieza cilíndrica seria tan sólo de o'589 de la de la pieza cuadrada circunscrita.

La demostracion geométrica de este caso es la siguiente: la resistencia de cada tabla infinitamente delgada es $R = \frac{feh^2}{l}$ siendo e el espesor infinitamente delgado y h su altura. Siendo la cantidad $\frac{f}{l}$ la misma para todas las tablas, $e\,h^2$ es el factor que representa la fuerza de cada una de ellas. Para cada tabla es un prisma cuya base es el cuadrado del lado variable h, ancho de la tabla; el espesor de estos prismas es la constante e; la suma de estos espesores es igual á d diámetro del círculo A B D E. La suma de todos estos prismas aplicados unos sobre otros, como las tablas, forma un sólido comprendido entre dos superficies cilíndricas cuyos ejes se cortan á ángulo recto y cuyas bases son iguales al círculo A B D E. Este sólido está compuesto de cuatro ingletes cilíndricos y está proyectado en E f I H (fig. 1902); su seccion según $m\,m$ ó $n\,n$, es el círculo A B D E. La superficie curva de cada inglete es igual á cuatro veces la de su proyeccion E G F, y su solidez es igual á su superficie multiplicada por el tercio del radio. Este sólido que se considera compuesto de pirámides cuyas bases se encuentran en su superficie y los vértices en su centro. Es pues igual á $\frac{2\,d^3}{3}$; por consiguiente, en vez de $e\,h^2$ puede ponerse $\frac{2\,d^3}{3}$, en cuyo caso la resistencia del cilindro resulta ser $D = \frac{2\,f\,d^3}{3}$.

Pieza de gran resistencia

Se ha dicho ya anteriormente que la mayor pieza escuadreada que se puede sacar de un tronco, afecta la forma de un cuadrado inscrito en el círculo de seccion del árbol; siendo d el diámetro, el lado del cuadrado inscrito es $\frac{d}{\sqrt{2}}$

Pero cuando en vez del máximo de volúmen se trata del máximo de resistencia, es decir, que se trate de obtener una viga horizontal cuya resistencia sea mayor que la de cualquier otra viga del mismo árbol, en este caso la forma de la escuadria ya no debe ser cuadrada, sino un rectángulo igualmente inscrito en el círculo, y la mayor dimension de este rectángulo debe ser vertical, ó en otros términos, la pieza debe estar colocada de canto.

Tanto la experiencia como el raciocinio prueban que cuando la escuadria de una pieza de madera no es un cuadrado, se obtiene la mayor resistencia colocándola de canto. Siendo e y h las dimensiones de la escuadria, si la pieza se coloca de plano resulta $e < h$, e es vertical y la resistencia $R = \frac{f\,e^2\,h}{l}$. Si la pieza está colocada de canto, la resistencia es $R = \frac{f\,e\,h^2}{l}$. Las resistencias están en la relacion de $e^2\,h : e\,h^2$ ó en la relacion $e : h$.

M. Parent fué el primero que determinó la relacion del lado de la escuadria más resistente que pueda obtenerse de un tronco.

La fórmula $R = \frac{f\,e\,h^2}{l}$, que representa la resistencia de una pieza de madera, y en la cual no siendo q y l variables, para que $\frac{f\,e\,h^2}{l}$ sea un máximo, es indispensable que $e\,h^2$ lo sea tambien, por ser e y h los lados de la escuadria inscrita en el círculo.

El análisis da para la relacion de los lados de este rectángulo, $1 : \sqrt{2}$, siendo $\sqrt{3}$ el diámetro del círculo, obteniéndose gráficamente su forma por medio de una construccion muy sencilla.

Sea A B C D (fig. 1903) la seccion del

cilindro y divídase el diámetro A C en tres partes iguales; por los puntos de division P y Q trácense las cuerdas B E, D F; A B C D será el rectángulo para el cual $e\,h^2$ ó $AB \times \overline{BC}^2$ es un máximo. Por construccion resulta A B : B C : A C :: 1 : $\sqrt{2}$: $\sqrt{3}$.

$AB = 1$, $BC = \sqrt{2}$, $AC = \sqrt{3}$, el producto $AB \times \overline{BC}^2 = 2$, si se supone que el lado A B del rectángulo A B C D se aumenta de una cantidad insignificante $\frac{1}{a}$ por ser a una cantidad muy grande. Este rectángulo se convierte en este otro $AbCd$, cuyo lado $Ab = 1 + \frac{1}{a}$. Resolviendo el cálculo, se encuentra que el producto $Ab \times \overline{bC}^2$ es menor que Q. Si se supone luego que el lado A B se disminuye de $\frac{1}{a}$ el rectángulo se convierte en $Ab'Cd'$; su lado $Ab = 1 - \frac{1}{a}$, y el cálculo da $Ab' \times \overline{b'C}^2$ menor que 2. De esto se deduce que el rectángulo A B C D, cuyos lados están en la relacion de 1 : $\sqrt{2}$, da para el máximo $AB \times \overline{BC}^2$.

Si se compara la resistencia de una pieza de madera escuadreada segun un cuadrado colocada á nivel, con su resistencia, si la diagonal de su escuadria se coloca verticalmente, y se representa por $R = 1$ la resistencia en el primer caso, para el segundo caso se encuentra $R = \frac{2\sqrt{2}}{3} = 0'943$; de modo que en esta posicion la pieza pierde $\frac{1}{18}$ aproximadamente de su resistencia.

Resistencia de una pieza de madera inclinada

Sea una pieza de madera A B (figura 1904) inclinada á un ángulo A B D, la cual recibe una carga P en su punto medio.

A causa de la resistencia del punto B, la pieza permanece invariable, de modo que no puede resbalar ni cambiar de posicion; la accion del peso P, en sentido de la vertical $r\,P$ se descompone en dos fuerzas que siguen las direcciones $r\,m$, $r\,n$; la fuerza Q que obra en sentido de esta última y que es la única que ejerce presion en la pieza A B, está representada por $Q = P \cos b$; siendo b = ángulo A B D.

Representando por O la fuerza que obra segun $r\,m$ en direccion de la pieza, la expresion de esta fuerza resultará ser: $O = P \operatorname{sen} b$.

La resistencia T que debe contrarrestar el resbalamiento de la pieza en sentido horizontal, segun B G, se representará por $T = O \cos b = P \operatorname{sen} b \cos b$.

Resistencia de las piezas curvas

Las piezas curvas que se emplean en los armazones ó entramados están curvadas naturalmente ó por procedimientos especiales que ya se han descrito, ó se desbastan con el hacha para obtener las formas que se desee.

De los experimentos practicados para conocer la resistencia de las piezas curvas resulta que, comparándolas con las piezas rectas de igual longitud y escuadria, la curvatura natural aumenta la resistencia, mientras que la curvatura practicada con el hacha la disminuye.

RESISTENCIA DE LAS VIGAS HORIZONTALES, DE MADERA Y, EN GENERAL, RESISTENCIA DE LAS PIEZAS DE LOS ENTRAMADOS SOMETIDOS Á LA FLEXION

Fórmulas

Corresponde ahora tratar de la fórmula de Navier que da la resistencia de una pieza horizontal que apoya en dos soportes y que recibe una carga P en su punto medio; la teoria de la flexion de esta pieza es:

$$(1) \quad \frac{Pl}{4}=\frac{RI}{n}$$

P = *carga* en kilógramos, aplicada en mitad de la luz.

l = *longitud de la viga*, en metros.

R = *coeficiente de seguridad*, tomado á $^1/_{10}$ de la carga de ruptura por metro cuadrado de seccion.

I = *momento de inercia* de la seccion transversal del sólido, referido á un eje horizontal que pasa por el centro de gravedad de la seccion.

n = mitad de la altura del perfil transversal (supuesto simétrico).

Como las vigas de madera tienen generalmente la forma rectangular, si se representa por b y h la base y la altura del perfil, se tiene:

$$I=\frac{bh^3}{12} \qquad n=\frac{h}{2}$$

por consiguiente $\frac{I}{n}=\frac{bh^3}{12}\times\frac{2}{h}=\frac{bh^2}{6}$

La fórmula (1) se convierte en

$$\frac{Pl}{4}=\frac{Rbh^2}{6}$$

de donde $\quad P=\frac{2}{3}R\frac{bh^2}{l} \qquad (2)$

que, como se ha dicho, difiere muy poco de la de Galileo. $R=\frac{feh^2}{l}$

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS DE LA FÓRMULA DE NAVIER

1.° Sean dos vigas rectangulares cuyas dimensiones guarden la misma relacion. La fórmula (2) aplicada á ellas da:

$$(A) \quad P=\frac{2}{3}R\frac{bh^2}{l}$$

$$(B) \quad P'=\frac{2}{3}R\frac{b'h'^2}{l'}$$

Las dimensiones de las vigas darán las relaciones iguales:

$$\frac{b}{b'}=\frac{h}{h'}=\frac{l'}{l}$$

Las relaciones (A) y (B) dan:

$$(C) \quad \frac{P}{P'}=\left(\frac{bh^2}{l}\right)\left(\frac{l'}{b'h'^2}\right)=\left(\frac{b}{b'}\right)\left(\frac{h^2}{h'^2}\right)\left(\frac{l'}{l}\right)=\left(\frac{b}{b'}\right)\left(\frac{b^2}{b'^2}\right)\left(\frac{b'}{b}\right)=\frac{b^3}{b'^3}$$

Lo cual demuestra que las resistencias de dos vigas semejantes son proporcionales á los cuadrados de dos dimensiones homólogas, ó, *la resistencia aumenta como el cuadrado de la relacion de semejanza.*

2.° Considérense las mismas vigas de secciones transversales semejantes, pero de igual longitud $l=l'$; en este caso, la relacion (C) se convierte en

$$\frac{P}{P'}=\frac{b}{b'^3}$$

Así, pues, las resistencias de dos vigas semejantes de igual longitud, son proporcionales á los cubos de sus dimensiones homólogas; ó bien, *la resistencia aumenta como el cubo de la relacion de semejanza*; por lo tanto, la base y la altura de una viga rectangular resultan el doble, permaneciendo invariable la longitud, y *la resistencia* ó *la carga de flexion* es ocho veces mayor.

LEY GENERAL RELATIVA Á LA FLEXION.—*La carga de flexion de una viga, cuyo perfil sea rectangular, circular ó elíptico, referida á la unidad de seccion transversal, es proporcional á la relacion entre la dimension vertical de la viga y su longitud ó luz entre muros.*

1.° Supóngase una seccion rectángular. La fórmula (2), esto es:

$$P=\frac{2}{3}R\frac{bh^2}{l}$$

da, dividiendo por la seccion transversal de la viga, S = bh, el resultado siguiente:

$$(A) \quad \frac{P}{bh}=p=\frac{2}{3}R\left(\frac{b}{l}\right)$$

La cantidad p puede considerarse como la carga referida á la unidad de seccion

transversal (por centímetro cuadrado, por ejemplo, si R es el coeficiente de seguridad por centímetro cuadrado). Esta reparticion de la carga total P sobre la superficie de la seccion transversal no tiene ninguna influencia mecánica, puesto que, en una viga sometida á la flexion, el esfuerzo que solicita cada elemento varia, desde el centro del perfil transversal en cuyo punto es nulo, hasta las partes extremas del mismo perfil, en donde alcanza el máximo; en cuanto al cociente p puede recibir una interpretacion práctica muy útil, por cuanto, este valor, llamado *carga de flexion reducida á la unidad superficial* de la seccion transversal, ó *carga media*, es, segun la fórmula (A), simplemente *proporcional á la relacion* $\left(\frac{h}{l}\right)$ *de la altura vertical de la viga* y de su luz, siendo al propio tiempo independiente de la base b ó dimension horizontal del perfil transversal. Esto significa que, sean cuales fueren los perfiles rectangulares de dos vigas, si la relacion de la altura ó dimension vertical de cada viga y de su luz es la misma, la carga media de flexion por centímetro cuadrado del perfil transversal es tambien la misma; por consiguiente, las resistencias ó cargas totales son proporcionales á los perfiles transversales.

De esto se deduce que, si se varia la relacion $\left(\frac{h}{l}\right)=y$, y se pone $p=x$, la relacion anterior (A) se convierte en la ecuacion de una recta:

$$x=\frac{2}{3}R.y.$$

Dando á R los valores 25, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 kilógramos que son el $^1/_{10}$ de las cargas de ruptura por centímetro cuadrado relativos á varias clases de madera, sometidas á la flexion, se podrá construir el cuadro n.° 4, en el cual la escala vertical sirve para medir la relacion $\left(\frac{h}{l}\right)$ en centímetros, y la escala horizontal, la carga media por centímetro cuadrado del perfil transversal de una viga.

Más adelante se darán las aplicaciones relativas á este cuadro.

Ley general relativa á la flexion para las secciones circulares y elípticas

La ley de proporcionalidad establecida anteriormente se aplica del mismo modo con relacion á los sólidos cilíndricos sometidos á la flexion.

Sea r el radio de la seccion circular de un sólido macizo cuyos dos extremos descansan en dos apoyos, y que recibe una carga P en medio de su longitud; el momento de inercia de esta seccion, con relacion á un diámetro, es:

$$I=\frac{\pi r^4}{4}$$

por consiguiente: $\frac{I}{n}=\frac{\pi r^4}{4r}=\frac{\pi r^3}{4}$.

La fórmula que da la carga P, aplicada al centro de la luz l del sólido, apoyado por sus extremos libres en los muros, es:

$$\frac{Pl}{4}=R\frac{RI}{n}$$

sustituyendo I por su valor, se tendrá:

$$\frac{Ph}{4}=R\frac{\pi r^3}{4}$$

de donde $$P=\frac{R\pi r^3}{l};$$

dividiendo ambos miembros por la seccion del círculo, para la carga media por unidad de seccion transversal, resultará:

$$\text{(B)} \qquad p'\frac{P}{\pi r^2}=R\left(\frac{r}{l}\right)=\frac{R}{2}\left(\frac{D}{l}\right)$$

siendo D el diámetro de la seccion circular. Así, la carga media p' es proporcional á la relacion del diámetro D y la luz l del sólido cilíndrico sometido á la flexion.

Si la seccion es una elipse cuyos ejes

sean $2a$ y $2b$, el momento de inercia de esta seccion es, con relacion al eje mayor colocado verticalmente:

$$I = \frac{\pi b a^3}{4};$$

y con relacion al eje menor, colocado tambien verticalmente:

$$I = \frac{\pi a b^3}{4};$$

por lo tanto, las cantidades $\frac{I}{n}$ son respectivamente:

$$\frac{I}{n} = \frac{\pi b a^3}{4a} = \frac{\pi b a^2}{4} \text{ para el primer caso;}$$

$$\frac{I}{n} = \frac{\pi a b^3}{4b} = \frac{\pi a b^2}{4} \text{ para el segundo caso.}$$

La fórmula $\frac{Pl}{4} = \frac{RI}{n}$ da:

$P = \frac{R}{l} \pi b a^2$ (caso del eje mayor colocado verticalmente);

$P = \frac{R}{l} \pi a b^2$ (caso del eje menor colocado verticalmente).

Dividiendo por el arco de la elipse $\pi a b$, resulta:

$$\text{(C)} \qquad p'' = R\left(\frac{a}{l}\right) = \frac{R}{2}\left(\frac{2a}{l}\right)$$

$$\text{(D)} \qquad p'' = R\left(\frac{b}{l}\right) = \frac{R}{2}\left(\frac{2b}{l}\right)$$

Así, pues, la carga p'', referida á la unidad de seccion transversal es, en ambos casos, proporcional á la relacion entre la dimension vertical del sólido y su luz entre muros.

Segun esto, el cuadro n.° 4 puede aplicarse muy bien á las secciones circulares y elípticas cambiando tan sólo la escala. Con este objeto, recuérdese que, para las secciones rectangulares, la fórmula (A) ha dado:

$$p = \frac{2}{3} R\left(\frac{h}{l}\right);$$

para la seccion circular, la fórmula (B) ha dado:

$$p' = \frac{R}{2}\left(\frac{D}{l}\right);$$

y si se tiene $h = D$, resulta:

$$\frac{h}{l} = \frac{D}{l} \quad \text{y} \quad \frac{p'}{p} = \frac{1}{3} : \frac{2}{3} = \frac{3}{4}.$$

Del mismo modo, comparando la seccion rectangular con la elíptica, se tiene:

$$\frac{p''}{p} = \frac{3}{4}$$

de donde $\quad p' = p'' = \frac{3}{4} p.$

Es decir que, la carga media por unidad superficial de perfil transversal circular ó elíptico de un sólido sometido á la flexion es los $^3/_4$ de la relativa á la seccion rectangular, siempre que para estos sólidos la relacion entre su altura vertical y su luz sean las mismas. Para utilizar esta propiedad se ha añadido al cuadro n.° 4 una segunda escala horizontal dividida de modo que marque tres divisiones por cuatro de la primera escala.

RESISTENCIA Á LA FLEXION DE UNA PIEZA CILINDRICA COMPARADA CON LA DE UN SÓLIDO DE SECCION CUADRADA CIRCUNSCRITA

Se ha visto que, para las cargas medias referidas á la unidad de seccion transversal, los resultados son los siguientes:

$$p = \frac{2}{3} R\left(\frac{h}{l}\right) \text{ (seccion rectangular);}$$

$$p' = \frac{1}{2} R\left(\frac{D}{l}\right) \text{ (seccion circular);}$$

multiplicando estas cargas medias respectivamente por las áreas de un cuadrado de lado D y de un círculo inscrito de diámetro D, se obtienen las cargas totales:

$P = \frac{2}{3} R \left(\frac{D}{l}\right) D^2 = \frac{2}{3} R \frac{D^3}{l}$ (para el sólido de seccion cuadrada);

$P' = \frac{1}{2} R \left(\frac{D}{l}\right) \pi \frac{D^2}{4} = \frac{R \pi D^3}{8 l}$ (para el sólido cilíndrico);

de donde $\frac{P'}{P} = \frac{3\pi}{16} = 0'589$ ó $0'6 = \frac{3}{5}$.

De modo que, un árbol cilíndrico, solicitado transversalmente por una carga aplicada en mitad de su longitud presenta una resistencia un poco menor que los $^3/_5$ de la de una pieza cuadrada de escuadria igual á su diámetro.

RESISTENCIAS COMPARADAS DE UNA PIEZA CILÍNDRICA Y DE UNA PIEZA DE SECCION CUADRADA (SOMETIDA Á LA FLEXION) CUYAS SECCIONES TRANSVERSALES SON EQUIVALENTES

Para una pieza cuadrada cuyo lado es c y la luz l, se tiene:

$$p = \frac{2}{3} R \left(\frac{c}{l}\right) \quad \text{y} \quad P = \frac{2}{3} R \frac{c^3}{l};$$

para la pieza cilíndrica:

$$p' = \frac{1}{2} R \left(\frac{D}{l}\right) \qquad P' = \frac{1}{2} R \pi \frac{D^3}{l};$$

y como, por hipótesis, las secciones son equivalentes, se tendrá:

$$c^2 = \pi \frac{D^2}{4} \qquad D = \frac{2c}{\sqrt{\pi}}$$

por consiguiente P′ se convierte en

$$P' = \frac{R \cdot \pi \cdot 8 c^3}{(\sqrt{\pi})^3 \cdot 8 l} = \frac{R}{l} \cdot \frac{c^3}{\sqrt{\pi}}$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{3}{2\sqrt{\pi}} = 0'846.$$

Luego, la pieza cilíndrica presenta una resistencia á la flexion que es 846 milésimas de la pieza cuadrada de perfil transversal equivalente.

VIGA RECTANGULAR DE MADERA DE RESISTENCIA MÁXIMA (Á LA FLEXION) TOMADA DE UN ARBOL CILÍNDRICO

Sobre este particular se ha dicho ya anteriormente que la pieza de madera de máximo volúmen que se puede obtener de un árbol cilíndrico es aquella cuya seccion es un cuadrado inscrito en la base circular del tronco, mientras que la viga que presenta la resistencia máxima á la flexion es la de seccion rectangular (inscrita en el círculo, cuya altura y base estén en la relacion de $1 : \sqrt{2}$.

Ampliando todo lo dicho entonces, se sabe, segun la teoria de la flexion de los sólidos, que la carga aplicada en el centro de una viga, apoyada libremente por sus extremos, es proporcional á la cantidad $\frac{I}{n}$, calculada con relacion al centro de gravedad del perfil transversal de la viga.

Sea, pues (figura 1912), el rectángulo ABCD inscrito en un círculo que representa la seccion transversal de un árbol. Si se hace su base $DC = x$ y su altura $BC = y$, se obtiene:

$$(1) \qquad \frac{I}{n} = \frac{x \cdot y^3}{12 \cdot \frac{y}{2}} = \frac{x y^2}{6}$$

cantidad proporcional á la resistencia de flexion de la viga, y de la cual debe calcularse el máximo.

La figura da:

$x^2 + y^2 = D^2$ (siendo D el diámetro del círculo);

de donde:

$$y^2 = D^2 - x^2;$$

por consiguiente la relacion (1) se convierte en

$$\frac{I}{n} = \frac{x}{6}(D^2 - x^2) = \frac{D^2 x}{6} - \frac{x^3}{6}$$

Para determinar el valor de x correspondiente al máximo de $\frac{I}{n}$ debe hacerse la derivada de la espresion anterior igual á cero, lo cual da:

$$\frac{D^2}{6} - \frac{3x^2}{6} = o \qquad x = \frac{D}{\sqrt{3}}$$

por consiguiente, resulta:

$$y^2 = D^2 - x^2 = D^2 - \frac{D^2}{3} = \frac{2}{3} D^2$$

$$y = D\sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{y}{x} = D\sqrt{\frac{2}{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{D} = \sqrt{2}$$

Así, pues, la altura del rectángulo es á su base como $\sqrt{2} : 1$.

Sustituyendo en la ecuacion (1) las cantidades x, y por sus valores, se tiene:

$$\frac{I}{n} = \frac{xy^2}{6} = \frac{2D^3}{18\sqrt{3}} = \frac{D^3}{9\sqrt{3}} = \frac{8r^3}{9\sqrt{3}} \quad (A)$$

Como para el círculo se tiene:

$$\frac{I'}{n'} = \frac{\pi r^4}{4r} = \frac{\pi r^3}{4} \quad (B)$$

tomando la relacion de las expresiones (A) y (B), se deduce:

$$\frac{\frac{I}{n}}{\frac{I'}{n'}} = \frac{8r^3}{9\sqrt{3}} \times \frac{4}{\pi r^3} = \frac{32}{9\sqrt{3}.\pi} = o'65.$$

Luego, la resistencia máxima á la flexion de la viga inscrita en un árbol cilíndrico es los $\frac{65}{100}$ de la del árbol entero.

Relacion entre la resistencia de la pieza cuadrada y la resistencia máxima dada por el rectángulo inscrito que se acaba de estudiar

Para la seccion cuadrada inscrita, siendo c el lado, se tiene (fig. 1912):

$$2c^2 = D^2 \qquad c = \frac{D}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{I}{n} = \frac{c^3}{6} = \frac{D^3}{6(\sqrt{2})^3} = \frac{D^3}{6\sqrt{8}} \quad (C).$$

Para el máximo de resistencia, dada por el rectángulo inscrito, cuyas dimensiones están en la relacion de $\sqrt{2} : 1$, se ha encontrado:

$$\frac{I}{n} = \frac{D^3}{9\sqrt{3}} \quad (D)$$

tomando la relacion entre (C) y (D) se tiene:

$$\frac{D^3}{6\sqrt{8}} \times \frac{9\sqrt{3}}{D^3} = \frac{3\sqrt{3}}{2\sqrt{8}} = o'915.$$

Así, pues, la seccion cuadrada presenta una resistencia de unos $^9/_{10}$ de la resistencia máxima.

Construccion gráfica de un cuadro que dé las resistencias de las piezas de madera (sometidas á la flexion) para escuadrias que varíen de centimetro en centimetro

Las vigas empleadas en los entramados son siempre rectangulares; la relacion de la base del perfil y de su altura está comprendida entre $^1/_3$ y $^5/_7$ segun las aplicaciones.

La fórmula de resistencia para un sólido rectangular sometido á la flexion ya se sabe que es:

$$p = \frac{2}{3} \frac{R b h^2}{l} \quad (1)$$

siendo b la base del perfil transversal;
h su altura;
l la luz entre muros.

Si en la relacion (1) se supone la altura *h constante*, la base *q variable* y se hace $l = 1$ metro, la carga correspondiente P, aplicada al centro de la luz, será proporcional á b, y se tiene:

$$P = x \qquad b = y$$

la fórmula (1) se convertirá en la ecuacion de una recta:

$$x = \frac{2}{3} R h^2 y. \qquad (2)$$

Esta es la fórmula que ha servido para construir los cuadros números 5 y 6, haciendo variar h de centímetro en centímetro, desde 10 hasta 50 centímetros, y adoptando para R varios coeficientes de seguridad referidos á las maderas de encina y abeto.

APLICACIONES DE LOS CUADROS GRÁFICOS PARA OBTENER LA RESISTENCIA Y LAS ESCUADRIAS DE LAS MADERAS SOMETIDAS Á LA FLEXION

CUADRO N.° 4, PARA LA COMPROBACION DE LA ESCUADRIA DE UNA VIGA DE MADERA QUE DESCANSA EN DOS APOYOS, TENIENDO EN CUENTA LA LUZ Y LA CLASE DE MADERA

Este cuadro está limitado á la izquierda por una escala vertical en donde se encuentra la relacion de la altura vertical de la viga á su longitud, en centésimas; las escalas horizontales sirven para apreciar en kilógramos y décimas de kilógramo la carga por centímetro cuadrado de la seccion transversal de la viga.

La primera escala se refiere á las secciones rectangulares, y la segunda, á las secciones circulares y elípticas.

Las rectas inclinadas se refieren á varias clases de madera.

Primer ejemplo.—Una viga de madera de encina de 5 metros de extension y de una escuadria de $^{30}/_{25}$ *(30 centímetros de altura por 25 centímetros de base) recibe una carga de 4,700 kilógramos, repartida uniformemente en su longitud; comprobar su escuadria.*

Solucion.—Para ello se partirá del principio de que: una carga uniforme de 4,700 kilógramos es equivalente á una carga de 2,350 kilógramos, mitad de aquélla aplicada en el centro de la extension de 5 metros.

Si esta carga de 2,350 kilógramos se divide por el número de centímetros de la seccion transversal de la viga, el cociente que resulte representará la carga media por centímetro cuadrado de esta seccion; lo cual será:

$$\frac{2{,}350}{25 \times 30} = 3'15^{\text{kgr.}}$$

Se toma luego la relacion de la altura vertical de la viga á su longitud:

$$\frac{0'30^{\text{m}}}{5^{\text{m}}} = 0'06,$$

se busca esta relacion en *(a)* en la escala vertical del cuadro número 4; se sigue la horizontal que pasa por este punto *(a)* hasta *(b)*, en la línea de *encina dura;* se baja verticalmente la línea del cuadro hasta *(c)* sobre la primera escala horizontal, en donde se cuenta 3'2 kilógramos, cantidad mayor que la carga 3'15 kilógramos, calculada antes; de lo cual se deduce que la seccion transversal de la viga se encuentra en buenas condiciones.

La carga total correspondiente aplicada al centro de la luz es:

$$P = 3'2 \times 25 \times 30 = 2{,}400 \text{ kilógramos};$$

lo cual corresponde á una carga doble y uniforme de 4,800 kilógramos.

La misma cuestion puede resolverse con otros coeficientes de seguridad cuyos valores numéricos se encuentran en las líneas oblicuas del cuadro; cuyos coeficientes son $^1/_{10}$ del esfuerzo de ruptura á la traccion por centímetro cuadrado.

Tambien pueden resolverse los varios casos relativos á secciones circulares ó elípticas, leyendo los resultados en la segunda escala horizontal del cuadro, y en la escala vertical, la relacion de la altura

del perfil (que es el diámetro vertical del perfil transversal) con la luz de la viga.

Segundo ejemplo.—Determinacion del coeficiente de seguridad, dada la carga y dimensiones de una viga.

Sea, como en el caso anterior, una viga de 5 metros de longitud y de $\frac{30}{25}$ de escuadria; la cual recibe una carga de 6,000 kilógramos. Determinar el esfuerzo por centímetro cuadrado á que están sometidas las fibras más fatigadas.

Solucion.—La carga uniforme de 6 mil kilógramos equivale á una carga de 3 mil kilógramos aplicada al centro de la viga. Siendo la seccion transversal 30 $\times$ 25 = 750 centímetros cuadrados, la carga por centímetro cuadrado de esta seccion transversal es:

$$\frac{3,000}{750} = 4 \text{ kilógramos.}$$

Por otra parte, la relacion de la altura de la viga con su longitud es:

$$\frac{0'30^{m}}{5^{m}} = 0'06.$$

Búsquese en *(d)* en la escala horizontal *(secciones rectangulares)* la division 4 kilógramos, y en la escala vertical, en *(a)*, á la izquierda del cuadro, la division 0'06; las dos líneas del cuadro que pasan por estos dos puntos *(d) (a)* se cruzan en el punto *(e)*, que está situado entre las oblicuas cuyas indicaciones son: R = 90 kilógramos por centímetro cuadrado, y R = 110 kilógramos por centímetro cuadrado; lo cual indica que el *coeficiente de seguridad* buscado está comprendido entre 90 y 110 kilógramos. Además, este punto *(e)* se encuentra aproximadamente equidistante de estas oblicuas, de lo cual resulta que la media aritmética de los coeficientes 90 y 110 es:

$$\frac{90 + 110}{2} = 100 \text{ kilógramos.}$$

Este será el resultado que se busca, es decir, que el *coeficiente de seguridad ó de trabajo* es de 100 kilógramos, faltando únicamente cerciorarse si la clase y calidad de la madera permiten aplicarle un coeficiente tan alto.

Tambien pueden comprobarse los resultados obtenidos con el cuadro, por medio de fórmulas, para lo cual se tiene:

$$P = \frac{4 R I}{l \cdot n}, \quad \frac{I}{n} = \frac{b h^2}{6} \text{ (para un rectáng.)}$$

de donde se deduce: $R = \frac{3 P \cdot l}{2 b h^2}$

haciendo P = 3000 kilógramos, $b = 25$ centímetros, $h = 30$ centímetros, $l = 500$ centímetros, resulta:

R = 100 kilóg. por cent. cuadrado.

Tercer ejemplo.—Sea una viga de 5 metros de longitud, de encina dura, cargada uniformemente con un peso de 1000 kilógramos, por metro de longitud; calcular su escuadria.

Solucion.—La carga total es:

$$1000 \times 5 = 5000 \text{ kilógramos,}$$

que viene á ser una carga media de 2500 kilógramos aplicada en mitad de la luz.

Supóngase que la altura de la seccion de la viga sea de 30 centímetros; la relacion $\frac{0'30^{m}}{5} = 0'06$ corresponde, en el cuadro número 4, á la carga media de 3'2 kilógramos por centímetro cúbico de la seccion transversal, y segun esto, el número de centímetros cúbicos de esta seccion estará representado por el cociente.

$$\frac{2,500^{kgr.}}{3'2^{kgr.}} = 781'3^{kgr.}$$

La segunda dimension del perfil transversal será:

$$\frac{781'3}{30} = 26 \text{ centímetros.}$$

La escuadria será, pues, $^{30}/_{26}$ (30 centí-

metros de altura por 26 de base). En el caso de no poderse emplear esta escuadria, se volverá á hacer el cálculo cambiando el primer dato. Para evitar el tanteo, se puede emplear otro cuadro que, sin necesidad de cálculo, da varias soluciones de la cuestion anterior, esto es, varias escuadrias que correspondan á una carga dada.

Cuadros números 5 y 6 relativos á la resistencia de las vigas rectangulares de madera, cuyas escuadrias varien de 10 á 50 centímetros.

Estos cuadros se han trazado para una luz de un metro, pero se pueden aplicar indistintamente á una luz cualquiera, partiendo del principio que la resistencia de una viga sometida á la flexion está en razon inversa de su luz.

Descripcion de los cuadros 5 y 6.—Las escalas colocadas en la parte inferior de cada cuadro dan la resistencia de una viga de un metro de longitud *(sea cual fuere su perfil transversal rectangular)* para las cuatro clases de madera: *encina dura*, *encina blanda*, *abeto duro* y *abeto blando*, considerados como tipos de resistencia. Como base de los cálculos los coeficientes de seguridad son $^1/_{10}$ de las cargas de ruptura. Para cada perfil rectangular el lado horizontal ó base del perfil se mide en centímetros en la escala vertical colocada á la izquierda del cuadro; en cuanto á la altura ó lado vertical del perfil, está indicada en una de las líneas inclinadas, cuyas cotas van de 10 á 40 centímetros, en el cuadro número 5, y de 40 á 50 centímetros en el cuadro número 6. Estas líneas oblicuas, relacionadas con las escalas del cuadro, dan las resistencias de las vigas, como luego se verá. La línea señalada 10^c (10 centímetros) da las resistencias de todas las vigas del metro de luz, y cuyo perfil transversal es un rectángulo de 10 centímetros de altura, mientras que la base ó dimension horizontal (medida en centímetros en la escala vertical) es susceptible de variar de 5 á 10 centímetros. Del mismo modo, la línea marcada 11^c corresponde á perfiles rectangulares de 11 centímetros de altura, y cuyo lado horizontal varia de 5 á 11 centímetros, y así siguiendo con relacion á las demás líneas inclinadas 12^c, 13^c, 14^c, hasta 40^c (40 centímetros de escuadria).

El cuadro número 6 está dispuesto del mismo modo que el anterior, y se refiere á las escuadrias de 11 á 30 centímetros de base por 40 á 50 centímetros de altura.

Construccion gráfica de los cuadros números 5 y 6.—Las fórmulas de resistencia para una viga rectangular cuyos extremos están apoyados son:

$$\frac{P\,l}{4} = \frac{R\,I}{n} \qquad \frac{I}{n} = \frac{b\,h^2}{6}$$

$$\text{de donde } P = \frac{4\,R}{l} \cdot \frac{b\,h^2}{6} = \frac{2\,R \,.\, b\,h^2}{3 \,.\, l \,.\, 6} \cdot \quad (1)$$

Si se hace $l = 1$ metro, $R = 80$ kilógramos por *c.c.* para la encina dura, por ejemplo, y $h = 10$ centímetros, 11 centímetros hasta 50 centímetros, será fácil de representar gráficamente el valor de P puesto que la relacion (1) es la ecuacion de una recta, por lo tanto, con este dato se han podido construir las líneas oblicuas de los cuadros de que se trata.

Primer ejemplo.—Determinar la carga que se puede aplicar al centro de una viga de madera de abeto duro de 4 metros de luz y de $^{25}/_{15}$ de escuadria (25 centímetros de altura por 15 centímetros de base).

Solucion.—Se busca en la escala vertical *(b)* del cuadro número 5, la cota ó base 15 centímetros; se sigue la horizontal que pasa por este punto hasta *(a)* sobre la línea inclinada que señala 25 centímetros, por ser ésta la dimension ó cota vertical de la viga; luego se baja verticalmente hasta *(c)* sobre la escala de *abeto duro*, en donde se cuentan 5,000 kilógramos, lo cual indica que la viga puede recibir esta carga colocada en medio de su luz; por consiguien-

te, para una viga de 4 metros, la carga se reducirá á la cuarta parte, esto es:

$$\frac{5{,}000}{4} = 1{,}250 \text{ kilógramos,}$$

aplicados en su punto medio ó 2,500 kilógramos repartidos uniformemente.

Segundo ejemplo.—Determinar el perfil rectangular de una viga de madera de encina dura de 6'50ᵐ de luz, que debe recibir una carga uniforme de 400 kilógramos por metro de longitud.

Solucion.—La carga total uniforme es:

$$400 \times 6'5 = 2{,}600 \text{ kilógramos;}$$

la cual corresponde á la mitad de la carga ó 1,300 kilógramos aplicados en mitad de la luz. Para reducir esta luz á un metro se aplicará el principio de que *la resistencia de una viga, sometida á la flexion, está en razon inversa de su luz;* luego, si ésta fuese de un metro, permaneciendo invariable la escuadria, la resistencia seria:

$$P = 1{,}300 \times 6'5 = 8{,}450 \text{ ú } 8{,}500 \text{ kilóg.,}$$

de modo que, *para reducir una luz cualquiera á un metro se la multiplicará por la carga total.*

Búsquese, ahora, el número 8,500 kilógramos en *(d)* sobre la escala de encina dura, cuadro número 5, y sígase la vertical que pasa por este punto *(d);* cada punto de interseccion de esta vertical con cada una de las líneas oblicuas del cuadro dará una solucion. Así, principiando por el punto más alto del cuadro, se obtiene en la oblicua (26 centímetros) un punto de interseccion que corresponde á la cota 23 centímetros $^3/_4$, en la escala vertical de la izquierda, lo cual indica que se podrá adoptar la escuadria $^{26}/_{24}$ (26 centímetros de altura por 24 centímetros de base). Reasumiendo las varias soluciones dadas por los puntos de interseccion situados sobre las líneas 26^c, 27^c, el cuadro determinará las escuadrias siguientes (en centímetros):

$$\frac{26}{24},\ \frac{27}{22},\ \frac{28}{20'5},\ \frac{29}{19},\ \frac{30}{18},\ \frac{31}{16'5},\ \frac{32}{15'5},\ \frac{33}{14{,}5},\ \frac{34}{14},\ \frac{35}{13},\ \frac{36}{12'5},\ \frac{37}{12},\ \frac{38}{11},\ \frac{39}{10'5},\ \frac{40}{10}.$$

Segun la altura de que se disponga, se optará por uno ú otro de estos perfiles, observando que, para piezas ensambladas, la base del perfil puede estar comprendida entre $^1/_3$ y $^1/_4$ de su altura, mientras que para una pieza entera, la relacion aumenta, pudiendo ser igual á $^5/_7$.

Si la relacion entre la base y la altura del perfil de la viga fuese dado, se elegirá, entre las soluciones del cuadro, la que se aproxima más á esta relacion; lo cual bastará casi siempre para la práctica; con todo, si se exigiese una solucion más aproximada aun, se procederá como en el ejemplo siguiente.

Tercer ejemplo.—Determinar las dimensiones de una pieza de madera de encina dura que recibe una carga de 800 kilógramos por metro de longitud en una extension de 5 metros, y que cumpla con la condicion de que la base del perfil transversal sea los $^3/_4$ de su altura.

1.° *Solucion por el cálculo.*—La carga uniforme total es:

$$800 \times 5 = 4{,}000 \text{ kilógramos,}$$

que es igual á 2,000 kilógramos aplicados al centro de la luz de 5 metros.

Las fórmulas de resistencia son:

$$P = \frac{4\,R\,I}{l\,.\,n} \qquad \frac{I}{n} = \frac{b\,h^2}{6}$$

Haciendo $P = 2{,}000$ kilógramos;
$R = 80$ kilóg. por cént. cuadrado (para la *encina dura*);
$b = {}^3/_4\, h$;
$l = 500$ centímetros,

la fórmula anterior dará:

$$P = \frac{4 \times 80 \times 3 \times h^3}{500 \times 6}$$

de la cual se deduce:

$$h = 29'24^c \quad , \quad b = \frac{3}{4} h = 21'9^c.$$

Luego se adoptará la escuadria $\frac{29'5}{22}$, es decir, 29'5^c de altura por 22 centímetros de base.

2.° *Solucion por el cuadro gráfico número 5.*—La carga uniforme total 800 × 5 = 4,000 kilógramos, equivale á 2,000 kilógramos aplicados en medio de la luz = 5 metros. Siendo el perfil transversal de la viga invariable, si la luz se redujese á 1 metro, la resistencia de esta viga aumentaria en razon inversa de la luz, resultando ser 2,000 × 5 = 10,000 kilógramos. Si se sustituye el perfil rectangular buscado por un cuadrado que tenga igual altura que la del perfil, la resistencia aumentará en relacion de las bases, es decir, en la relacion de $\frac{3}{4}$: 1 (puesto que la base del perfil rectangular debe tener los $^3/_4$ de su altura); luego, siendo P la resistencia de la viga rectangular, y P' la resistencia de la viga cuadrada, se tendrá:

$$P = \frac{3}{4} P',$$

de donde $P' = \frac{4}{3} P = \frac{4}{3} \times 10,000 =$ 13,333 kilógramos (ó sean 13,500 kilóg.).

Búsquese ahora el número 13,500 en *(m)* sobre la escala de *encina dura*; la vertical *(m) (n)* que pasa por este punto *(m)* corresponde á una viga cuadrada cuya escuadria está comprendida entre $^{29c}/_{29c}$ y $^{30c}/_{30c}$, puesto que estas escuadrias darian, la primera una carga de 13,000 kilógramos, menor que 13,500 kilógramos, y la segunda una carga de 14,400 kilógramos, menor que 14,500 kilógramos.

Adoptando 30 centímetros para la altura de la viga, se podrá obtener un exceso de solidez; por consiguiente, la base del perfil será los $^3/_4$ de 30 centímetros, es decir, 22'5^c; lo cual da una escuadria de $^{30}/_{22'5}$, cuya solucion se diferencia muy poco de la encontrada por cálculo.

Esta solucion es muy fácil de comprobar con el cuadro, el cual, para la escuadria $\frac{30}{22'5}$ da una carga de 10,700 kilógramos, que es un poco mayor de la que se necesita.

Observacion.—Este cuadro es susceptible de poder dar una solucion aun más precisa: la vertical *(m) (n)* corresponde á la escuadria 29'5^c, puesto que por el punto *(n)* pasa una oblicua intermediaria, cuya cota es 29'5^c, lo cual da para base del perfil los $^3/_4$ de 29'5 0'22 centímetros, y la escuadria es entonces $\frac{29'5^c}{22}$.

PRINCIPIO DE SEMEJANZAS QUE PERMITE EXTENDER LOS LÍMITES DE LOS CUADROS NÚMS. 5 Y 6 Á LA ESCUADRIA QUE SE DEESE

La escuadria máxima que puede calcularse con estos cuadros corresponde á una viga de 50 centímetros de alto por 30 de base; pero como á pesar de ser ya muy grandes estas dimensiones, pueden presentarse casos de escuadrias aun mayores, es fácil estender estos cuadros con este objeto, empleando para ello la regla de proporcionalidad siguiente, deducida de las fórmulas de Navier.

Siendo la extension de una viga, sometida á la flexion, invariable, y aumentando sus dos dimensiones, base y altura en la misma relacion, la resistencia aumenta como el cubo de esta relacion.

Así, por ejemplo, para una misma luz, si las dos dimensiones, *base* y *altura* del perfil, son el doble, la resistencia de la viga á la flexion será ocho veces mayor. Segun esto, supóngase que se tenga que determinar la escuadria de una viga de *abeto duro* de 10 metros de luz que debe

recibir una carga uniforme de 1,600 kilógramos por metro de longitud, y que cumpla con la condicion de que la base del perfil rectangular sea los $^3/_4$ de su altura.

Solucion.—La carga total uniforme es:

$$1,600 \times 10 = 16,000 \text{ kilógramos;}$$

lo cual representa una carga media de 8,000 kilógramos aplicados en el punto medio de los 10 metros. Permaneciendo el perfil invariable, si la luz fuese de 1 metro, la resistencia seria:

$$8,000 \times 10 = 80,000 \text{ kilógramos.}$$

Como esta cantidad pasa de los límites de los cuadros, que para la encina dura alcanza 25 toneladas, se tomará $^1/_8$ de 80,000 kilógramos, esto es, 10,000 kilógramos, cuya carga corresponde á una viga cuyas dimensiones son la mitad de la que debe construirse. Segun esto, la cuestion se reduce á determinar el perfil transversal de una viga de 1 metro de longitud, cargada con un peso de 10,000 kilógramos en su centro, con la condicion de que la base del perfil sea los $^3/_4$ de su altura. El cuadro n.º 5 dará $\frac{29'5}{22}$, de modo que doblando las dimensiones, se podrá adoptar la escuadria $\frac{59}{44}$.

Observacion.—Si la relacion de la base con la altura del perfil no está dada, se podrán obtener varias soluciones que, doblando los resultados, darán cierto número de escuadrias, entre las cuales podrá elegirse la que mejor convenga á la cuestion práctica.

REPARTICION DE LAS CARGAS SOBRE LAS VIGAS Y LAS PILASTRAS Ó COLUMNAS

Reparticion de las cargas sobre las vigas

Consideraciones generales.

Todo piso debe resistir á la presion de los objetos que se coloquen en él, segun se les coloque en puntos determinados, fijos ó variables, ó de una manera uniforme en toda su superficie.

Como los pisos se componen generalmente de tablas ó bovedillas soportadas por las vigas, y éstas á su vez lo están por jácenas, las dimensiones de estas varias partes deben calcularse segun el peso parcial que cada una de ellas deba soportar. Así, pues, suponiendo un piso tablonado, como el espesor de las tablas es determinado, la luz que ocupan entre vigas se determina por el peso que debe soportar cada tabla segun se le aplique á un punto determinado ó se reparta igualmente en toda la extension del piso.

Lo mismo sucede con las vigas; sus longitudes y sus escuadrias dependen de la carga que cada una debe recibir, bien sea en un punto determinado ó repartido en todo el espacio del piso correspondiente á cada viga, y limitado longitudinalmente entre las dos líneas que dividen los espacios comprendidos entre esta misma viga y las dos vigas contiguas en partes iguales.

Se concibe que si un mueble ú otro objeto cualquiera de mucho peso se coloca sobre un piso, es preciso que el peso que se reparte en cada uno de sus cuatro piés no pueda romper ni las vigas ni el tablonado en donde apoyan.

Lo mismo sucede con las jácenas, las cuales deben soportar la suma de los pesos con que están cargadas las vigas, es decir, el peso de todos los objetos que apoyan en ellas, entre las dos líneas correspondientes á los centros de los espacios comprendidos entre las jácenas de que se trata y las dos jácenas contiguas.

En los solados compuestos de vigas paralelas perpendiculares á jácenas igualmente paralelas entre sí, no se presenta ninguna dificultad de cálculo; pero si las vigas están epartidas por compartimien-

tos, ó son paralelas unas á otras, ó forman polígonos, deben tenerse muy en cuenta las partes poligonales del piso que apoyan en las vigas y en las jácenas, para poder deducir convenientemente las escuadrias proporcionándolas á las longitudes de las piezas, sin que por esto perjudiquen al buen efecto que deben presentar los compartimientos vistos por debajo.

En el cálculo de las vigas para techos, generalmente la carga se reparte uniformemente en toda la longitud de cada viga, y el perfil transversal se calcula como se ha hecho anteriormente. Pero si los techos sostienen algun tabique perpendicular á las vigas, cada una de ellas está sometida á un esfuerzo ó carga aplicada á un punto determinado de su longitud, complicándose entonces el cálculo para la seccion. Lo mismo acontece si se trata de un dintel que sostenga un muro ó tabique de cierta extension, que ejerza una presion uniforme sobre una fraccion de la longitud del dintel, cuyo muro podrá estar situado simétricamente ó no con relacion á los dos puntos de apoyo extremos de la viga. Para estos varios casos, si se quiere simplificar los cálculos, es conveniente reducir las cargas verticales á una carga única aplicada en medio de la viga que, segun él, determinará su perfil transversal. Con este objeto se ha construido un cuadro que da una solucion rápida muy aproximada de esta cuestion, para cualquier dimension de luz y cantidad de carga.

Teoria.—Un peso P *está aplicado á un punto cualquiera* C *de una viga* A B *que descansa en dos apoyos* (fig. 1913), *determinar el peso* P′ *que, aplicado en el centro* M *de la luz, pueda sustituir al peso* P; ó en otra forma, *¿cuál es el peso* P′ *que, aplicado á* m *dé el mismo momento de flexion máxima que el peso* P *aplicado á* C?

El valor de la reaccion que se verifica en el apoyo A es:

$$q = \frac{P\,d'}{l}.$$

Siendo M el momento de resistencia en C, su valor será:

$$M = q\,d = \frac{P\,d\,d'}{l}.$$

Si se considera la carga P′ aplicada en el centro de la luz, el momento de flexion M′ debido á la carga P′, tiene por valor:

$$M' = \frac{P'\,l}{4}.$$

Segun el enunciado, se tiene $M = M'$; luego:

$$\frac{P'\,l}{P} = \frac{P\,d\,d'}{l};$$

de donde $\frac{P'}{P} = 4\left(\frac{d}{l}\right)\left(\frac{d'}{l}\right)$ (1)

Siendo la cantidad d una fraccion de l, se puede poner $d = \frac{l}{m}$; la figura da:

$$d' = l - d = l - \frac{l}{m} = l\left(1 - \frac{l}{m}\right)$$

Reemplazando d y d' por sus valores en la ecuacion (1), se tendrá:

$$\frac{P'}{P} = 4\,\frac{1}{m}\left(1 - \frac{1}{m}\right) = 4\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^2}\right)$$

Si se hace $\frac{P'}{P} = y$, $\frac{1}{m} = \rho$, resulta:

$$y = 4\,(\rho - \rho^2) \quad (2)$$

que es la ecuacion de una parábola de segundo grado, construida en el cuadro número 7, en donde se ha puesto la indicacion *(caso de un peso único.)* Su ordenada da en centímetros la relacion $\frac{P'}{P}$ (representada en la escala vertical á la derecha del cuadro), para una fraccion correspondiente de la luz l medida en la escala horizontal.

Si en la ecuacion (2) se hace $\rho = 0{,}05$, 0‘10, 0‘15, etc., se podrá calcular y, pudiéndose así construir gráficamente por

puntos la parábola del cuadro 7, cuya descripcion y empleo se estudiará luego.

Teoria.—Dada una carga uniforme repartida sobre una fraccion cualquiera de una viga, cuyos datos sean los que espresa la figura 1914, *calcular el peso* P′, *que, aplicado al centro* m *de la luz, dé en este punto el máximo del momento de flexion, debido á la carga uniforme* P = p′ l′, *teniendo en cuenta la situacion de esta carga en la viga.*

Solucion.—Siendo p' la carga por metro de longitud, l' la extension de la carga uniforme y d la distancia del centro de gravedad de esta carga $P = p'\,l'$ en el punto de apoyo A, el valor de la reaccion q en este punto será:

$$q = \frac{p'\,l'\,(l-d)}{l}.$$

El momento de resistencia con relacion á un punto C cualquiera, tomado en la extension de la carga uniforme, tiene por expresion:

$$M = q\,\rho - \frac{1}{2}\left(\rho - \left(d - \frac{l'}{2}\right)\right)^2 p' \quad (1)$$

El máximo de M corresponde á la derivada $\frac{d\,M}{d\,\rho} = 0$; lo cual da:

$$\rho = \frac{l'}{2} - \frac{l'\,d}{l} + d;$$

sustituyendo ρ por su valor, en la ecuacion (1), para el máximo de M, resulta:

$$M = \frac{p'\,l'}{l}(l-d)\left(\frac{l}{2} - \frac{l'\,d}{l} + d\right) - \frac{p'}{2}\,l' \left(l - \frac{l'\,d}{l}\right)^2$$

$$M = \frac{p'\,l'}{2\,l^2}\,(l-d)\,(l.\,l' - 2\,l'\,d + 2\,d\,l) - \frac{p'\,l'}{2\,l^2}\,(l^2\,l' - 2\,d\,l.\,l' + l'\,d^2)$$

$$M = \frac{p'\,l'}{2}\left(2\,d - \frac{d\,l'}{l} + \frac{l'\,d^2}{l^2} - \frac{2\,d^2}{l}\right) (2)$$

Pero como el peso P′ aplicado al centro de la luz, debe dar en m un momento de resistencía M′ igual al anterior, teniéndose además: $M' \frac{P'\,l}{4}$ (3), igualando (2) y (3) se tiene:

$$\frac{P'\,l}{4} = \frac{p'\,l'}{2}\left(2\,d - \frac{d\,l'}{l} + \frac{l'\,d^2}{l^2} - \frac{2\,d^2}{l}\right) \qquad (A)$$

Puesto que d es una fraccion de l, se pondrá:

$$d = \frac{l}{m}, \quad \text{de donde} \quad \frac{d}{l} = \frac{1}{m};$$

por consiguiente, la relacion (A) se convierte en

$$\frac{P'}{p'\,l'} = 2\left(\frac{2}{m} - \frac{l'}{l\,m} + \frac{l'}{l\,.\,m^2} - \frac{2}{m^2}\right) = 2\left(\left(\frac{2}{m} - \frac{2}{m^2}\right) + \frac{l'}{l\,.\,m^2} - \frac{l'}{l\,m}\right)$$

$$\frac{P'}{p'\,l'} = 4\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^2}\right) - 2\left(\frac{l'}{l\,m} - \frac{l'}{l\,.\,m^2}\right) \qquad (B)$$

Para ciertos datos particulares, la distancia $d = \frac{l}{m}$ del centro de gravedad de la *carga uniforme* P en el punto A, se puede considerar como constante, mientras que la relacion $\frac{l'}{l}$ es variable desde cero (lo cual corresponde á un peso P, aplicado á un solo punto matemático) hasta $\frac{l'}{l} = 2\,\frac{d}{l}$, puesto que la carga $p'\,l'$ es siempre simétrica con relacion á su centro de gravedad; al propio tiempo la relacion $\frac{P'}{p'\,l'} = \frac{P'}{P}$ es variable, resultando que, si se pone

$$\frac{P'}{p'\,l'} = \frac{P'}{P} = y\,; \qquad \frac{l'}{l} = \rho;$$

si en lugar de $\frac{l}{m}$ se pone su valor $\frac{d}{l}$, la relacion (B) resulta en definitiva:

$$\frac{P'}{p'l'} = y = 4\left(\frac{d}{l} - \left(\frac{d}{l}\right)^2\right)$$
$$- 2\rho\left(\frac{d}{l} - \left(\frac{d}{l}\right)\right) \quad \text{(C)}$$

relacion de la fórmula:

$$y = a\,x + b,$$

que es la ecuacion de una recta. Así, aplicando la carga $P = p'\,l'$ á un punto determinado, y haciendo $x = \frac{l'}{l}$, se calculará la relacion $\frac{P'}{p'l'}$, y adoptando las escalas que convengan, se podrá construir la recta cuya ecuacion es (C). Atendiendo á estas indicaciones es como se ha trazado el cuadro n.° 7 en el cual las líneas oblicuas están determinadas por esta ecuacion (C). La escala horizontal sirve para medir la relacion $x = \frac{l'}{l}$, y la escala vertical la relacion $y = \frac{P'}{p'l'}$.

Continuacion de la teoria anterior.—Caso de dos puntos simétricos

Sea (fig. 1915) una viga A B cuyos extremos descansan en dos apoyos, la cual recibe dos cargas iguales dispuestas simétricamente con relacion á los puntos de apoyo. Se trata de calcular el peso central, es decir, el peso P', que, aplicado en medio m de la luz, dé en este punto el momento máximo de flexion producido por la influencia de los pesos reunidos é iguales P y P_1, aplicados en puntos matemáticos.

El valor de la reaccion que se verifica en A, es:

$$q = \frac{P + P_1}{2} = P.$$

El valor del momento de resistencia M en el punto C, es:

$$M = P\,d.$$

Por otra parte, el momento es siempre el mismo para cualquier otro punto E, situado entre los dos puntos de apoyo C y D. En efecto, el momento de resistencia M', con relacion al punto E, es:

$$M = P\,x - P\,(x - d) = P\,x - P\,x + P\,d = P\,d$$

Así, $M' = M = P\,d$, es el máximo del momento de resistencia.

Además, si se aplica un peso p' en el punto medio m de la luz, el momento de resistencia en este punto dará:

$$M = \frac{P'\,l}{4}$$

luego, segun el enunciado, se tendrá la igualdad siguiente:

$$\frac{P'\,l}{4} = P\,d, \quad \text{de donde} \quad \frac{P'}{P} = 4\,\frac{d}{l}.$$

Como la relacion $\frac{P'}{P}$ es proporcional á la relacion $\left(\frac{d}{l}\right)$, resulta:

$$\frac{P'}{2\,P} = 2\,\frac{d}{l}. \quad (1)$$

Es decir, que la relacion de la carga central P con la carga total 2 P (tomadas las dos cargas simétricas juntas) es doble de la relacion $\left(\frac{d}{l}\right)$. Si, en la última se hace $\frac{d}{l} = \frac{1}{2}$, se encontrará $\frac{P'}{2\,P} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$; de donde $P' = 2\,P$, que es lo que debe ser, puesto que entonces los dos pesos se encuentran juntos y aplicados en mitad de la luz.

Si en la relacion (1) se hace:

$$\frac{P'}{P} = y; \quad \frac{d}{l} = x,$$

se tendrá $y = 2x$, que es la ecuacion de una recta.

Esta recta está trazada en el cuadro número 7, con la indicacion : *caso de dos puntos simétricos*. Su ordenada da el peso central equivalente á dos cargas iguales y simétricas, sea cual fuere el valor que se quiera dar á la relacion $\left(\frac{d}{l}\right)$ representado en centímetros en la escala horizontal. (Véase el caso que ya se ha estudiado con el título de *Principio de semejanza que permite extender los límites de los cuadros 5 y 6 para la escuadria que se desee*).

CUADRO N.º 7, PARA EL CASO DE UN PESO CENTRAL EQUIVALENTE Á UNA CARGA COLOCADA ARBITRARIAMENTE SOBRE UNA VIGA.

Este cuadro ofrece dos escalas, horizontal la una y vertical la otra, colocada á la derecha. La parábola, construida segun las consideraciones expuestas anteriormente, en la cual está indicado: *caso de un peso único*, sirve para determinar el peso que, aplicado en el centro de la longitud de la viga, puede sustituir á un *peso único* colocado en un punto cualquiera de la luz. Si la viga está cargada uniformemente en una fraccion de su longitud, *el peso central equivalente* ya no resulta de la parábola y se determina entonces con las líneas oblicuas que corresponden con los diseños representados bajo el nombre de *posiciones-tipos*.

Primer ejemplo.—Caso de un punto único.

Sea (fig. 1916) una viga de 8 metros de longitud, cargada con un peso P = 1000 kilógramos, colocado en un solo punto A, distante 2 metros del muro. Calcúlese el peso central que puede sustituirle.

Solucion.—Tómese la relacion entre dos metros y 8 metros de luz; lo cual dará: $\frac{2}{8} = 0'25$; búsquese este número en *(c)* en la escala horizontal, siguiendo luego la vertical *(c)*·*(x)* que pasa por este punto hasta el punto *(x)* de la parábola, correspondiente á la division 0'75, de la escala vertical de la derecha, con lo cual se obtiene el peso buscado, esto es, 0'75 ó los $^3/_4$ de la carga dada, que forman 750 kilógramos. La escuadria de la viga deberá calcularse segun esta carga aplicada en el centro de su luz.

Segundo ejemplo.—Caso de una carga uniforme repartida en una fraccion de la luz.

Las líneas inclinadas del cuadro sirven, como ya se ha dicho, para determinar el peso central equivalente á una carga uniforme, colocada arbitrariamente, que se extiende sobre una fraccion de la luz total, como lo indican los diez perfiles representados á la izquierda del cuadro. En el perfil (1) la carga uniforme está colocada simétricamente con relacion al centro de la luz, cuya longitud ó extension de carga puede variar desde cero *(caso de un peso único aplicado en el centro de la luz)* hasta la luz entera *(caso de una carga uniforme sobre toda la viga)*. El perfil (2) se refiere al caso en que el centro de la carga dista del estribo de la izquierda de $^9/_{20}$ á 0'45 de la luz entera l. Tanto en éste como en el perfil (1) la extension de la carga uniforme tiene dos límites: puede ser nula, que es el *caso de un peso único aplicado á un punto situado á los* $^9/_{20} = 0'45$ *de la luz*, ó bien puede extenderse, como indica el perfil, en una longitud $l' = 2 \times \frac{9}{20}\ l = 0'9\ l$ de la luz entera l.

Del mismo modo, los perfiles (3) (4) hasta (10) representan posiciones análogas á las anteriores, para las cuales los centros de gravedad ó centros de las longitudes de las cargas uniformes están distantes del estribo de la izquierda de $\frac{8}{20} = 0'4$, $\frac{7}{20} = 0'35$, $\frac{6}{20} = 0'3$, etc., de la luz entera l. Las líneas inclinadas, tales como $a\,b$, corresponden, cada una

de ellas, á posiciones ó *posiciones-tipos*. Por último, las líneas oblicuas de puntos corresponden igualmente á *posiciones-tipos intermedias* que no están representadas en la figura.

Ejemplo.—Sea (fig. 1916) una carga uniforme de 1,000 kilógramos repartidos sobre una longitud de 3'20^m; la distancia del punto central A al muro es de 2 metros; la luz entera $l = 8$ metros. Se trata de trasladar esta carga al punto medio, esto es, calcular la carga central equivalente.

Solucion.—La relacion $\frac{2^m}{8^m} = \frac{1}{4} = 0'25$, corresponde á la *posicion-tipo* (6) para la cual el centro de la carga uniforme es $0'25 = \frac{1}{4}$ de la luz. El perfil (6) corresponde á la oblicua *(b) (a)*; tómese, además, la relacion, $\frac{3'20^m}{8^m} = 0'4$ (*longitud de la carga uniforme dividida por la luz entera*) y búsquese este número 0'40 en (*d*) sobre la escala horizontal del cuadro; sígase la vertical que pasa por (*d*) hasta (*a*) en la oblicua (*b*) (*a*); sígase, por fin, la horizontal (*a*) (*f*) que da en (*f*), sobre la escala vertical, el resultado 0'60. Lo cual espresa que el peso central capaz de sustituir á la carga uniforme de 1,000 kilógramos, es igual á 0'6 de la carga, esto es, $1,000 \times 0'6 = 600$ kilógramos. La seccion transversal de la viga se calculará, pues, segun este peso central.

Observacion.—Las secantes de puntos sirven para resolver las cuestiones análogas á la anterior relativa á *posiciones intermedias*, siendo muy fácil, á causa de la regularidad del cuadro, intercalar otras secantes que corresponden á *posiciones-tipos* muy aproximadas unas á otras; pero el cuadro ya da de sí una aproximacion más que suficiente para los varios casos que pueden presentarse.

Tercer ejemplo.—Caso de dos cargas iguales y simétricas.

Una viga A B (fig. 1915) está solicitada por dos pesos iguales $P = P_1 = 2,000$ kilógramos, colocados á igual distancia de los puntos de apoyo; calcular el peso central P'.

Solucion.—Teniendo por datos los que representa la figura, se tomará la relacion $\frac{1'8^m}{7'2^m} = \frac{1}{4} = 0'25$. Se buscará el número 0'25 en (*e*) sobre la escala horizontal del cuadro n.° 7, se seguirá luego la vertical que pasa por este punto (*c*) hasta la línea oblicua que lleva la indicacion (*caso de dos pesos simétricos*). El punto de interseccion (*y*) corresponde al valor 0'50 en la escala vertical; lo cual indica que el peso central equivalente es de 0'5, ó sea, la mitad de la carga total $P + P_1 = 4,000$ kilógramos. El resultado es, pues, $4000 \times 0'5 = 2000$ kilógramos. La seccion de la viga se calculará segun esta carga aplicada al centro de su luz.

Este ejemplo se aplica al caso de dos tabiques simétricos que descansan en una série de vigas formando techo.

Observacion.—Raros son los casos en que las cargas se reduzcan á pesos aislados simétricos, puesto que generalmente se extienden sobre cierta longitud, en cuyo caso, se puede aplicar igualmente la solucion anterior, es decir, que se pueden considerar las cargas como si fuesen pesos aplicados á puntos matemáticos. De este modo se obtiene un esceso de seguridad, cuya solucion, bien que aproximada, es la que adoptan los constructores por su rapidez.

CASO GENERAL DE UNA VIGA CARGADA CON PESOS IGUALES, DISTRIBUIDOS Á IGUAL DISTANCIA UNOS DE OTROS ENTRE LOS APOYOS EXTREMOS. VALOR DE LA CARGA CENTRAL (PUDIÉNDOSE REEMPLAZAR LAS CARGAS IGUALES EQUIDISTANTES) REPRESENTADA EN FRACCION DE LA CARGA TOTAL.

Si en la ecuacion (1) se hace $d = \frac{l}{3}$, es decir, si los dos pesos iguales dividen la luz l en tres partes iguales, se obtendrá:

$$\frac{P'}{2P} = \frac{2}{3}$$

de donde $P' = \frac{2}{3}(2P) = \frac{2}{3}$ de la carga total.

Si se estudia la misma cuestion tomando 3, 4, 5, 6, etc., pesos iguales, colocados de modo que dividan la luz l en partes iguales, y si, para cada caso se calcula la carga central como se ha hecho en la teoria relativa al caso de dos pesos simétricos, se encontrarán los valores consignados en el siguiente cuadro:

CUADRO relativo á la carga central en fraccion de la carga total para una viga cargada con pesos iguales equivalentes.

Número de pesos iguales á P.	Carga total aplicada sobre la viga.	Carga central P' (en sustitucion de las cargas iguales) representada en fraccion de la carga total.
1	P	$P' = P \times \frac{1}{1}$ = la carga total.
2 ó 3	2 P ó 3 P	$P' = \frac{2}{3}$ id.
4 ó 5	4 P ó 5 P	$P' = \frac{3}{5}$ id.
6 ó 7	6 P ó 7 P	$P' = \frac{4}{7}$ id.
8 ó 9	8 P ó 9 P	$P' = \frac{5}{9}$ id.
10 ú 11	10 P ú 11 P	$P' = \frac{6}{11}$ id.
12 ó 13	12 P ó 13 P	$P' = \frac{7}{13}$ id.
n (par) y n + 1	n P ó (n+1) P	$P' = \frac{\frac{1}{2}(n+2)}{n+1}$ id.

Así, para cada par de pesos iguales, esto es, 2 y 3 pesos iguales; 4 y 5 pesos iguales, etc., la *carga central* está representada por la misma fraccion de la carga total. La ley numérica de los valores de P' es muy sencilla y fácil de aplicar: los *numeradores* son los números consecutivos 1, 2, 3, 4, 5, etc.; los *denominadores* son los números impares 1, 3, 5, 7, etc.

La ley anterior se verifica para el caso en que el número de cargas continuas sea muy grande, puesto que entonces $(n + 1)$ y $(n + 2)$ que difieren de una unidad son casi iguales; y, suponiendo que lo sean (lo cual sólo tiene lugar cuando $n = \infty$), resulta:

$$P' = \frac{1}{2} \text{ de la carga total;}$$

puesto que, resultando la carga total uniforme, puede reemplazarse con un peso que sea la mitad, aplicado en medio de la luz.

La figura 1917 representa una série de vigas igualmente cargadas. Los valores numéricos dan el valor de la carga central representada en millonésimas de la carga total, los cuales se aplican á los techos y á las cubiertas siempre que una pieza principal de entramado reciba las ocupaciones de otras piezas igualmente cargadas y equidistantes, que es un caso muy frecuente.

REPARTICION DE LAS CARGAS SOBRE LOS PIEDERECHOS, COLUMNAS Ó PILASTRAS

Por sencillas que sean las construcciones, es muy importante conocer las presiones que se ejercen sobre los apoyos para poder calcular las dimensiones que se les debe dar. El caso más general que se presenta es el de una viga continua que descansa en tres ó cuatro apoyos intermedios, como está representado en las figuras 1918 y 1919.

Estos dos tipos comprenden los casos más frecuentes, á saber: 1.° un soporte único intermedio que se puede colocar de modo que esté en relacion á los dos puntos de apoyo extremos; 2.° dos soportes intermedios colocados simétricamente.

Partiendo de estos datos se presentan dos cuestiones igualmente importantes: 1.ª Calcular la presion que se ejerce sobre los varios apoyos, para poder deducir las dimensiones de los mismos, teniendo en cuenta los materiales de que están formados; 2.ª Determinar la situacion de la seccion transversal de la viga en donde se verifica el máximo de flexion; lo cual permitirá darle el mínimo de seccion si se tiene en cuenta que, siendo continua, está auxiliado por medio de apoyos intermedios, circunstancia muy favorable para la economia de material y que arrastra consigo el empleo de una escuadria menor que si estuviese interrumpida en cada apoyo. La determinacion matemática de la presion sobre los varios apoyos es un problema muy complicado si se quiere atender á todas las circunstancias inherentes á ello.

Para dar á esta cuestion una solucion rápida que ofrezca, además, completa seguridad, se supondrá que la viga recibe una carga uniforme en toda su extension, prescindiendo, por lo tanto, de los huecos de las ventanas si se trata de un muro de fachada, y considerando sus extremidades, no empotradas en los muros, sino libres, para lo cual se podrá aplicar la teoria de Clapeyron, conocida con el nombre de *teoria de los tres momentos.*

TEORIA.—TEOREMA DE LOS TRES MOMENTOS.

Llamando l_1 y l_2 á las longitudes de dos tramos consecutivos de una viga continua; M_0, M_1, M_2 á los momentos de flexion en los puntos de apoyo; P_1, P_2 á las cargas por metro corriente aplicadas á los tramos l_1 l_2, se tendrá la relacion

$$4\, l_1 M_0 + 8 (l_1 + l_2) M_1 + 4\, l_2 M_2 = p_1 l_1^3 + p_2 l_2^3. \qquad (1)$$

Esta fórmula se aplica á los dos primeros tramos ó longitudes; pero si se aumentan de una unidad todos los *índices,* se la podrá aplicar al segundo y al tercer tramo.

En esta cuestion, estas fórmulas se simplifican á causa de la relacion $p_1 = p_2 = p =$ la carga constante por metro corriente, para el caso de dos tramos (fig. 1918), observando que $M_0 = 0$, $M_2 = 0$, puesto que los extremos de la viga supuestos libres, dan momentos de flexion nulos en estos puntos; teniendo en cuenta estos varios datos, la fórmula (1) se reduce á

$$8 (l_1 + l_2) M_1 = p (l_1^3 + l_2^3); \qquad (2)$$

lo cual permite calcular el momento M_1 sobre el punto de apoyo intermedio. Además, el equilibrio del primer tramo da:

$$M_1 + M_0 + q_1 l_1 - \frac{1}{2} p\, l_1^2 = 0 \qquad (3)$$

de donde se puede deducir q_1.

El equilibrio del segundo tramo da igualmente:

$$M_2 - M_1 + q_2 l_2 - \frac{1}{2} p\, l_2^2 = 0;$$

de donde tambien se deduce q_2.

q_0 se determina por medio de la relacion

$$q_0 + q_1 + q_2 - p(l_1 + l_2) = 0.$$

En fin, representando por M el momento de flexion para una seccion cualquiera del primer tramo, distante de una cantidad x del apoyo de la izquierda, se tendrá:

$$M - M_0 + q_0 x - \frac{1}{2} p x^2 = 0 \quad (4)$$

Con estas varias fórmulas será fácil calcular las mismas cantidades análogas para tres tramos (fig. 1919) aumentando todos los índices de una unidad, como luego se indicará. Así pues, aplicando la fórmula (2) sucesivamente con relacion á los dos primeros tramos de la izquierda y al segundo y tercer tramo despues, observando que $M_0 = 0$, $M_3 = 0$, se tendrá:

$$8(l_1 + l_2) M_1 + 4 l_2 M_2 = p(l_1^3 + l_2^3)$$

$$4 l_2 M_1 + 8(l_2 + l_3) M_2 = p(l_2^3 + l_3^3).$$

Estas relaciones dan $M_1 = M_2$, á causa de la simetria.

Las reacciones q_1, q_2, q_3, sobre los puntos de apoyo se deducirán de la fórmula (3) aplicada á los tres tramos, en esta forma:

$$M_1 - M_0 + q_1 l_1 - \frac{1}{2} p l_1^2 = 0$$

$$M_2 - M_1 + q_2 l_2 - \frac{1}{2} p l_2^2 = 0$$

$$M_3 - M^2 + q_3 l_3 - \frac{1}{2} p l_3^2 = 0$$

Se determinará, en fin, q_0 con la relacion:

$$q_0 + q_1 + q_2 + q_3 - p(l_1 + l_2 + l_3) = 0;$$

en la cual todo es conocido, escepto $q_0 = q_3$ á causa de la simetria.

Aplicando la relacion (4) á cada uno de los tres tramos, se podrá calcular el momento de flexion en una seccion cualquiera de la viga.

Aplicando estas fórmulas y haciendo variar los tramos en funcion de la longitud total $l = l_1 + l_2$, es como se ha calculado el cuadro siguiente, que sirve de base para la construccion del cuadro n.° 8.

La carga central que debe aplicarse al centro de la viga continua está calculada igualmente para el caso en que solamente descanse por sus extremos, prescindiendo de los soportes intermedios, para obtener así en este punto medio un *momento de flexion* igual al *momento máximo*, calculado segun la situacion de los soportes intermedios. Esta carga central es la que sirve para calcular la seccion de la viga.

CUADRO que expresa las reacciones que se verifican sobre los soportes, el momento de flexion máxima y la carga central para una viga continua de dos y de tres tramos (l=longitud total de la viga continua).

	Distancia de la columna al muro.	Momentos de flexion máxima sobre el soporte intermedio.	Carga q_0 sobre el soporte de la izquierda.	Carga q_0 sobre el soparte intermedio.	Carga central equivalente á la carga total de la viga.
Un solo soporte intermedio.	d=0,5 l	$-\frac{1}{32}pl^2 = -0,03125\ pl^2$	$\frac{3}{16}$ pl. = 0,1875 pl.	$\frac{5}{8}$ pl. = 0,625 pl.	$\frac{1}{8}$ pl. = 0,125 pl.
	0,4	$-0,035\ pl^2 = -\frac{7}{200}$ id.	$\frac{9}{80}$ pl. = 0,1125 id.	$\frac{31}{48}$ pl. = 0,645 id.	$\frac{7}{50}$ pl. = 0,14 id.
	1/3	$-\frac{1}{24}pl^2 = -0,0416$ id.	$\frac{1}{24}$ pl. = 0,0416 id.	$\frac{33}{48}$ pl. = 0,6875 id.	$\frac{1}{6}$ pl. = 0,166 id.
	0,3	$-\frac{111}{2400}pl^2 = -0,04625$ id.	$-\frac{1}{240}$ pl. = − 0,00416 pl.	$\frac{121}{168}$ pl. = 0,720 id.	$\frac{111}{600}$ pl. = 0,185 id.
	1/4	$-\frac{7}{128}pl^1 = 0,05468$ id.	$-\frac{3}{32}$ pl. = − 0,09375 id.	$\frac{19}{24}$ pl. = 0,7916 id.	$\frac{7}{32}$ pl. = 0,2187 id.
	0,2	$-\frac{13}{200}pl^2 = 0,065$ id.	$-\frac{9}{40}$ pl. = − 0,225 id.	$\frac{29}{32}$ pl. = 0,90625 id.	$\frac{13}{50}$ pl. = 0,260 id.
Dos soportes intermedios.	d=0,5 l	$\frac{1}{64}pl^2 = 0,015625\ pl^2$	$\frac{3}{16}$ pl. = 0,1875 pl.	$\frac{5}{16}$ pl. = 0,3125 pl.	$\frac{1}{16}$ pl. = 0,0625 pl.
	0,4	$\frac{9}{700}pl^2 = 0,012857$ id.	$\frac{47}{280}$ pl. = 0,167 id.	$\frac{93}{280}$ pl. = 0,332 id.	$\frac{9}{175}$ pl. = 0,0514 id.
	1/2	$\frac{1}{90}pl^2 = 0,0111$ id.	$\frac{2}{15}$ pl. = 0,133 id.	$\frac{11}{30}$ pl. = 0,336 id.	$\frac{10}{225}$ pl. = 0,0444 id.
	0,3	$\frac{0,91}{72}pl^2 = 0,0126$ id.	$\frac{23,3}{16}$ pl. = 0,1078 id.	$\frac{84,7}{216}$ = 0,3921 id.	$\frac{0,91}{18}$ pl. = 0,0505 id.
	1/4	$\frac{9}{512}pl^2 = 0,0175$ id.	$\frac{7}{200}$ = 0,035 id.	$\frac{57}{128}$ = 0,445 id.	$\frac{9}{128}$ pl. = 0,0702 id.
	0,2	$\frac{0,28}{11}pl^2 = 0,02545$ id.	$\frac{0,3}{11}$ = 0,027 id.	$\frac{5,8}{11}$ = 0,527 id.	$\frac{1,12}{11}$ pl. = 0,1018 id.

Observaciones sobre los valores numéricos del cuadro anterior

Para el caso de un soporte intermedio colocado en el centro de la luz, la presion sobre este apoyo es $^5/_8$ de la carga total, repartida uniformemente en toda la longitud de la viga; cuya presion aumenta á medida que el apoyo intermedio se va acercando al apoyo extremo de la izquierda (fig. 1918), aumentando al propio tiempo la carga central, lo cual significa que la seccion transversal de la viga, ó su escuadria, aumenta. La *consecuencia económica* es que, en el caso de un soporte intermedio, es conveniente colocarle en el centro de la luz. El cuadro demuestra igualmente que la carga que obra sobre el soporte intermedio, aumenta con rapidez á medida que se acerca al punto de apoyo extremo, y que la presion disminuye sobre este último cambiando tambien de direccion á partir de una distancia d comprendida entre 0'30 y 0'33 de la luz entera l, verificándose un levantamiento del extremo de la izquierda, ó sea un esfuerzo de abajo arriba.

En el caso de dos apoyos intermedios, colocados simétricamente, la presion sobre cada uno de ellos aumenta á medida que se acercan á los apoyos extremos; al mismo tiempo la presion q_0 ejercida sobre estos últimos disminuye, cambiando de direccion para cierta distancia d del soporte al muro; la carga central se encontrará al mínimo cuando la luz entera l de la viga esté dividida en 3 partes iguales por medio de los dos apoyos intermedios.

Esto dará la disposicion mas económica bajo el punto de vista de la seccion transversal ó escuadria de la viga.

CUADRO GRÁFICO N.° 8 QUE DA: 1.° LAS CARGAS SOBRE LOS SOPORTES INTERMEDIOS DE UNA VIGA CONTÍNUA QUE DESCANSA SOBRE 3 Ó 4 APOYOS; 2.° LA CARGA CENTRAL EQUIVALENTE Á LA CARGA UNIFORME DE LA VIGA.

En este cuadro, la escala horizontal mide la distancia del eje del soporte intermedio al muro más próximo, en centímetros de la longitud total de la viga continua. Las 4 curvas del cuadro indican por medio de sus ordenadas: 1.° *las presiones* ejercidas sobre las columnas ó soportes intermedios, *en fraccion de la carga uniforme total de la viga*; 2.° la *carga central* que puede sustituir á la carga total. Estos resultados se encuentran en la escala vertical de la derecha del cuadro. Dos de las curvas se refieren al tipo A (fig. 1918) *(un solo soporte intermedio)*, y las otras dos curvas se refieren al tipo B *(dos soportes intermedios colocados simétricamente)*.

Primer ejemplo.—Caso de un solo apoyo intermedio.

Sea (fig. 1918) una pieza de madera de 8 metros de longitud; calcular la presion que ejerce sobre una columna ó pilastra intermedia, colocada á 3 metros del muro.

Se tomará la relacion $\frac{3^m}{8^m} = 0'375$ que se buscará en (*a*) sobre la escala horizontal del cuadro n.° 8; se sigue la vertical que pasa por este punto (*a*) hasta (*b*) (sobre la curva cuya indicacion es: *Tipo* A, *carga sobre el soporte intermedio*), la cual corresponde al punto (*c*) sobre la escala vertical de la division 0'66 que representa los $\frac{2}{3}$ de la carga total uniforme aplicada sobre toda la extension de la viga.

Si se quiere determinar la carga central que sirve para calcular la seccion transversal de la viga, se tomará la interseccion de la vertical (*a*) (*b*) con la curva: *Tipo* A, *peso central*, que es el punto (*d*) correspondiente á la division 0'15 de la escala vertical; lo cual indica que la carga central es 0'15 de la carga total, repartida uniformemente en toda la longitud de la viga. Así, suponiendo que la carga total sea de 50,000 kilógramos, se deberá calcular la escuadria de la viga como la de 8 metros de longitud que recibiera una carga central de 50,000 × 0'15 = 7,500 kilógramos, cuya seccion se deducirá de la fórmula:

$$\frac{P\,l}{4} = \frac{R\,I}{n};$$

de donde $\frac{I}{n} = \frac{P\,l}{4\,R} = \frac{7{,}500 \times 8}{4\,R}.$

La escuadria se deducirá de los cuadros números 4, 5 y 6.

Segundo ejemplo.—Caso de dos soportes intermedios (fig. 1919).

Una viga de 8 metros de longitud, uniformemente cargada está sostenida por dos columnas ó pilastras intermedias, colocadas simétricamente á 2 metros de los apoyos extremos. Determinar *la presion* ejercida sobre los apoyos intermedios y la *carga central* capaz de sustituir á la carga total de la viga.

Solucion.—Se busca la relacion $\frac{2^m}{8^m} = \frac{1}{4} = 0'25$ en el punto (*e*) de la escala horizontal (cuadro número 8); la vertical que pasa por este punto (*e*) encuentra á la curva: *Tipo* B, *carga sobre cada soporte intermedio*, en el punto (*f*) que corresponde en (*g*) de la escala vertical, al punto de division 0'45; lo cual indica que la presion de cada soporte intermedio es 0'45 de la carga total de la viga.

La *carga central* se obtiene por medio del punto de interseccion (*h*) de la misma vertical (*e*) (*f*) con la curva: *Tipo* B, *carga central*; encontrándose así en la escala vertical 0'07 de la carga total. Segun esto, la seccion transversal de la viga se calcu-

lará como si se tratase de una viga de 8 metros de longitud que recibiese en su punto medio los $^7/_{100}$ de la carga uniforme total, repartida en toda su extension.

Reseña general relativa á los entramados.

Como el número de combinaciones de los entramados es tan considerable, es imposible poder dar un ejemplo de cálculo aplicado á cada caso particular; por lo tanto sólo se darán algunas indicaciones generales.

En el trascurso de esta obra se ha observado que todas las construcciones de madera están compuestas de entramados ó de cuchillos que concurren al sostenimiento del edificio, y por lo tanto deben soportar empujes determinados segun las posiciones que ocupen, lo cual indica la resistencia que debe obtenerse de las piezas que los constituyen y los cálculos que se les debe aplicar para poder determinar las dimensiones de cada pieza.

Emtramados verticales.

Estos entramados son los que se destinan para sostener los techos de los edificios, ó resistir los esfuerzos equivalentes producidos por una carga que obra verticalmente.

Para obtener la seguridad de que los elementos de un entramado tienen las escuadrias convenientes, teniendo en cuenta su longitud, y que se encuentran en número suficiente para las necesidades á que se les destina, se calcula la carga que debe soportar el techo juntamente con la parte de esta carga que, comprendido el peso del techo en sí, debe obrar sobre cada entramado, repartiéndola sobre los piederechos. Una vez conocida esta cantidad, se deducirá la escuadria de las maderas con relacion á la resistencia, á la flexion ó aplastamiento.

Cubiertas ó tejados.

El objeto principal de un tejado consiste en sostener la cubierta de un edificio, de modo que cada uno de los cuchillos de que consta debe soportar una parte de su carga, esto es, la que está comprendida entre los dos planos verticales que pasan por el centro de cada uno de los dos tramos separados por cada cuchillo; así pues, cada cuchillo sostiene dos medios tramos contiguos á él, lo cual equivale al peso de un tramo entero.

Para determinar la fuerza ó resistencia de cada pieza de madera que entra en la composicion de un cuchillo, debe principiarse por determinar las dimensiones necesarias de las piezas más altas, añadiendo siempre al peso que deban resistir el de las piezas que sirven de intermediarias, para referir la accion de este peso á las piezas inmediatamente inferiores que le soportan.

La primera operacion que debe hacerse para calcular las escuadrias de las piezas de madera que dében componer un tejado, es determinar el peso de la cubierta, segun la naturaleza de los materiales empleados para formar la cobija, bien se utilicen las tejas, las pizarras ó las planchas metálicas. El peso de esta cobija por metro cuadrado, comprendidas las tablas de asiento, determinará la separacion de las latas que la sostienen y la de las correas que sostienen á estas últimas.

Aquí se presentan las mismas circunstancias que se han indicado al hablar de los techos; pero, en general, la resistencia de las latas se determina siempre por la carga uniformemente repartida en toda su longitud para una extension comprendida entre dos correas. Como no siempre puede disponerse de las escuadrias calculadas, por tenerse que acudir á las que suministra el comercio, en este caso el cálculo se hará para determinar la distancia que deben guardar entre sí, teniendo en cuenta siempre la pérdida de resistencia que con el tiempo experimenta la

madera, con lo cual se evitan reparaciones ulteriores, á veces bastante importantes.

En el cálculo relativo á la determinacion de las escuadrias de las latas, debe tenerse presente que la carga de cada una de ellas está igualmente repartida entre dos correas contiguas, y que, en atencion á su posicion inclinada, se les debe aplicar el método relativo á la resistencia de las maderas inclinadas, esplicado ya al tratar de la figura 1904.

Una vez conocido el espaciado de las correas, así como tambien el de los cuchillos, se puede calcular la escuadria que convenga á cada una de las primeras, que se consideran cargadas con igualdad en toda la extension del tramo, atendida la igualdad de los espacios entre las latas y su mínima distancia. La posicion de las correas determina los puntos en los cuales la cubierta ejerce accion en los pares.

Si en la cubierta hay una sola correa, el par se encuentra en el caso de una pieza cargada en mitad de su longitud.

Es muy frecuente que no haya necesidad de dar á los pares la resistencia que aparenta exigir su extension, por hallarse combinados con las demás piezas del cuchillo de que forman parte. Si, por ejemplo, debajo de una correa situada en *p* (figura 1905) se coloca un tornapuntas *p m*, es evidente que toda la carga producida en el punto *p* por el peso de la cubierta, se referirá ó acumulará á este punto, debiéndose determinar su escuadria de modo que en la longitud *p m* pueda resistir á la flexion, en cuyo caso no tiene necesidad el par de ser tan resistente por no tener que resistir á la ruptura perpendicular á su longitud. Atendida la simetria de la cubierta, los esfuerzos de los tornapuntas *p m*, *p' m* se unen al punto *m*, cuya resultante obra en sentido de la longitud del pendolon, esto es, de *b* á *m*, lo cual indica que la escuadria de éste debe ser tal, que resista el esfuerzo de traccion representado por la fórmula

$$Q = \frac{2\ P}{\cos a}.$$

Siendo Q la fuerza á que debe resistir el pendolon, P el esfuerzo ejercido en un tornapuntas transmitido por éste al punto *m* bajo un ángulo $p\,m\,b = a$, resulta que el esfuerzo del peso de la cubierta en los puntos *p* y *p'*, transmitidos por el tornapuntas sobre el pendolon, hace obrar á éste de tal modo, que á su vez lo comunica, subdividiéndole, á los pares, que toman la porcion que les corresponde en los puntos *a* y *a'* para ejercer en ellos un empuje de que se tratará luego.

De esto resulta igualmente que el par debe resistir á la fuerza que le comprime de *b* á *a*, cuya resistencia debe calcularse únicamente para las partes comprendidas entre los puntos de aplicacion de las correas y de los tornapuntas que se equilibran.

Si los pares sostienen techo, como en las figs. 877, 1079 y 1084, es preciso entonces proporcionar las escuadrias de las gemelas con los esfuerzos de traccion ocasionados por el peso de los techos cargados con los objetos que deban recibir, y, además, tener tambien en cuenta el esfuerzo que este peso ocasiona en los pares, y que, por lo mismo, necesitan un aumento de fuerza para resistir á la flexion en sentido de la direccion de sus fibras; débese igualmente aumentar la escuadria de los tirantes para que puedan resistir el empuje de los pares, resultante de su participacion en el sostenimiento de los techos.

Puentes.

La determinacion de la escuadria de las maderas empleadas en los puentes por medio del cálculo, está fundada en los mismos principios que hasta aquí se han desarrollado; mas como estas construcciones están sujetas á deterioros más graves y más rápidos que las de cualquier

otra clase de construccion de madera, á causa de encontrarse continuamente expuestas á la humedad é inclemencias del tiempo, requieren, por lo tanto, un estudio más detenido, en armonia con las necesidades que deban llenar.

Otra de las causas de deterioro de los puentes de madera es la continua vibracion causada por el paso de los vehículos, las cuales aumentan si tienen el piso adoquinado, lo cual es muy desventajoso, por cuyo motivo, hoy dia, los constructores de puentes tienden á debilitar tanto como se pueda este efecto por medio de afirmados de grava ó entarugados, siendo preferibles estos últimos por requerir gastos de entretenimiento muy insignificantes.

Para el cálculo de las piezas de un puente de madera se principia por determinar el peso de las mayores cargas que es probable puedan transitar por él, suponiendo, para mayor seguridad, que el puente esté cargado con tantas de ellas como pueda contener en toda su extension. Repartida esta carga en los cuchillos, se aplica á los varios puntos de ensamble la parte del peso que con más energia pueda obrar en ellos, despues de lo cual el cálculo queda reducido á simples aplicaciones de lo que ya se ha expuesto. De este modo se determinan las dimensiones de escuadria de los largueros simples, segun su luz, suponiéndose que la carga parcial obra en mitad de la longitud de estas piezas; pero como en general se les refuerza con tornapuntas, esto permite emplear escuadrias menores que las necesarias por encontrarse divididos por los puntos de ensamble de los tornapuntas, es decir, que se pueden considerar como vigas apoyadas por sus extremos y por puntos intermedios.

Para esta disposicion deben calcularse las escuadrias que convenga dar á los tornapuntas. Sea (fig. 1906) un larguero de puente $a\ b$, cuya escuadria se determinará por la resistencia que debe presentar á un peso P, sean las que fueren las posiciones que tome en toda su longitud, siendo en el punto medio en donde es su accion más poderosa. Si se supone este larguero apoyado en dos tornapuntas, es evidente que si éstos tienen la fuerza suficiente, se podrá disminuir la escuadria de los largueros, que se encontrarán divididos en tres partes proporcionales $a\ m'$, $m\ m'$, $m\ b'$, en las cuales la escuadria podrá reducirse á la fuerza necesaria para cada una de ellas.

Para que los tornapuntas cumplan con el objeto á que se destinan, es indispensable que puedan resistir á la flexion resultante de la presion ejercida en ellos por la carga transitoria del puente, suponiéndose, además, que esta carga obra en el punto P, comunicándola á los puntos m ó m', de modo que haciendo $a\ b = l$, $a\ m$ ó $b\ m' = a$, se tiene $Q = \frac{P\ l}{2\ a}$. Si se supone que el esfuerzo Q obra en la vertical que pasa por el punto m, este esfuerzo se descompone entonces en otros dos, obrando el uno en la direccion $m\ b$ que queda destruido ó contrarrestado por la resistencia del punto b, y en la direccion $m\ r$ del tornapuntas el otro, que es igual á $\frac{Q}{\cos m}$, siendo m el valor del ángulo $r\ m\ o$ que forma el tornapuntas con la vertical.

Sea cual fuere el número de tornapuntas y su combinacion, el cálculo se efectúa del mismo modo, y si el tornapuntas está ensamblado con gemelas $g\ j$ y con la gemela horizontal que pasa por el punto j que unen todos los tornapuntas homólogos de los cuchillos, este punto j se considera fijo, y la resistencia del tornapuntas á la flexion debe referirse únicamente á las dos partes $m'\ j$, $r'\ j$ con relacion solamente de la longitud de cada una.

Arcos empleados en los cuchillos de los puentes.

Ordinariamente los arcos que se emplean en los cuchillos de los puentes están

combinados con otras piezas, en particular con péndolas gemelas que dividen sus desarrollos en partes iguales, de modo que los arcos parciales ofrecen entonces tan poca curvatura, que se les puede considerar como rectas. Sea, por ejemplo (figura 1907) un arco *a b a'* combinado con un cuchillo en el cual se encuentra el larguero *d d'*. Por medio de péndolas gemelas *m o*, *n u*, *m' o'*, *n' u'*, las partes *o u*, *u b*, *b u'*, *u o'*, se pueden considerar, atendida su poca curvatura, como una série de tornapuntas sobre los cuales la accion de la carga obra por compresion, y al pasar por todas las posiciones transmite su accion á los mismos arcos por medio de las péndolas gemelas. Suponiendo, pues, que el esfuerzo producido por el punto *m* esté representado por Q en sentido de la vertical *m q*, esta fuerza será la que obre sobre el arco en el punto *o*, descomponiéndose en dos esfuerzos dirigidos en sentido de la longitud de cada porcion de arco *o u*, *o a*, cuyas porciones deben resistir á la compresion ocasionada por estas fuerzas. Verdaderamente, la curvatura de estas partes parece como si disminuyera su resistencia, puesto que, como ya se ha dicho, desde el momento en que una pieza principia á curvarse, disminuye su fuerza; pero, en el caso presente, debe considerarse que la curvatura de estas piezas no procede de la compresion que experimentan en sentido de su longitud, puesto que están curvadas en sentido contrario á la accion de la potencia que obra en ellas; por consiguiente, la disminucion de su fuerza no es tan considerable como si proviniese de un principio de curvatura por efecto de la compresion. Por otra parte, en la evaluacion de la resistencia que deben oponer, se les debe dar siempre una escuadria diez veces mayor que la indicada por el cálculo.

Empujes de los emtramados.

Empuje de los cuchillos rectos.—Todas las circunstancias que motivan los empujes de los entramados formados con piezas rectas se reducen á los de una cubierta triangular *a b a'* (fig. 1905).

Sean dos pares *a b*, *a b* ensamblados á un pendolon vertical en el punto *b* y retenidos en su posicion por el ensamble de sus extremos inferiores con el tirante, representado por la horizontal *a a'*.

Su peso junto con el de la cubierta que soportan, comprendiendo las latas, las correas y las demás piezas que entran en su composicion, produce un peso único cuya accion se dirige paralelamente al eje del péndolo *b d*. Sea 2 P este peso, siendo P el de cada vertiente; sea tambien *a* el ángulo *b a d* ó *b a' b* que cada vertiente forma con la horizontal. Debiendo ser inflexibles los pares, ya debido á su escuadria ó ya por los apoyos auxiliares distribuidos en su longitud, tales como tornapuntas ó puentes, el esfuerzo dirigido en direccion de su longitud estará representado por $Q = \frac{P}{\text{sen } a}$, expresion por medio de la cual se determina la superficie de su escuadria, para el caso de la resistencia á la compresion en sentido de la longitud de las fibras.

La resistencia al esfuerzo en direccion *d a* paralela al tirante se representa por $R = \frac{P \cos a}{\text{sen } a}$, siendo la misma la expresion de la resistencia en sentido de *d a'*. Estas fuerzas iguales y directamente opuestas son la medida de la accion horizontal ejercida en *a* y en *a'* debida al empuje de la cubierta, es decir, que representan la tension del tirante *a a'*, y la escuadria de esta pieza se determina por la igualdad de esta tension con la resistencia de la madera á la traccion por centímetro cuadrado.

Con relacion á la escuadria de los pares ó de sus partes si están apoyados en puntos intermedios de su longitud, se determina por la resistencia que deben ofrecer

á la ruptura por su propio peso y el de la carga de la cubierta, representado todo por $K = P \cos a$.

Si el tirante *a a'* se sustituye con un sistema angular *a m a'*, representando el ángulo *m a d* ó *m a' d* por *n*, la tension segun la línea *m a* ó *m a'*, y la tension segun *a d* ó *a' d*, estarán entre sí como la relacion de *a m* : *a d;* en cuyo caso, la expresion de la tension T segun *a m* ó *a' m*, es $T = \frac{P \cos a}{\operatorname{sen} a \cos n}$.

Si en vez de un tirante *a a'* ó de un sistema angular *a m a'* se establecen puentes convenientemente ligados á los pares, tanto el tirante como los puentes se opondrán simultáneamente al empuje, y la suma de sus resistencias deberá ser igual á $\frac{P \cos a}{\operatorname{sen} a}$ y por consiguiente, la escuadria de cada uno de ellos podrá ser menor, de modo que la suma de las superficies de escuadria sea igual á la que tendria el tirante si fuese único.

Lo mismo se verifica con los tirantes de madera ó de hierro del sistema angular representados por las líneas *a m*, *a' m*. Sea cual fuere el número de piezas paralelas á *a m* ó *a' m*, mientras sean verdaderamente paralelas, la suma de sus resistencias debe ser igual siempre á

$$\frac{P \cos a}{\operatorname{sen} a \cos n}.$$

En los cuchillos compuestos, como el que representa la fig. 1907, el empuje ejercido por los tornapuntas en los muros, en sentido horizontal *r t*, siendo *m* el ángulo *a m r* y P la fuerza de compresion que debe resistir el tornapunta, estando igualmente transmitida esta fuerza por éste en la direccion *m r* sobre el punto *r*, este empuje *r t* se representa por $Q = P \cos m$.

Con relacion al empuje ejercido por los arcos que forman parte de los cuchillos, (figura 1907), basta calcular el empuje horizontal ejercido en el punto *a*, arranque del arco, tal como el de un tornapuntas en sentido de la tangente del arco, pudiéndose considerar sin peligro alguno la parte *o a* como si fuere recta, puesto que el error que pueda resultar es tan insignificante, que no puede de ningun modo perjudicar á la solidez del edificio.

Tambien se puede considerar todo el sistema *a d o* como si fuése una sola pieza inflexible, sustituyéndola, por cálculo aproximado, con la línea *a o* sobre la cual se proyectarian todos los puntos del sistema junto con el de la carga P, lo cual conduciria la cuestion al caso del empuje ejercido por un tornapuntas ó por un entramado de cubierta.

Empuje de los arcos.

La cuestion de la resistencia de las cimbras para la construccion de las grandes bóvedas ó arcos de los puentes de albañileria, es una de las más complicadas si se la considera con relacion á las cimbras llamadas flexibles, de modo que el cálculo no puede dar casi nunca resultados que satisfagan.

El objeto á que debe atenderse en la composicion de las cimbras que han de servir como de molde á la construccion de una bóveda de silleria, es el dar á cada hilada de dovelas un apoyo sólido invariable, tal, que las posiciones de todas las dovelas que deban colocarse y todas las ya colocadas sean las mismas á las indicadas por los diseños ó trazados de los proyectos, prescindiendo del asiento resultante de la compresibilidad del mortero; pero como la construccion de esta clase de arcos ocasiona gastos extraordinarios debidos á la sobrecarga que debe añadirse para equilibrar la presion de las hiladas de dovelas, hoy dia todas las cimbras que se construyen son fijas.

Para asegurar la invariabilidad de la curva de una cimbra, es preciso que todos sus puntos, ó á lo menos los que deban

recibir á las dovelas, sean independientes de los demás, cuyo resultado se obtiene haciendo de modo que el punto que se quiera que permanezca invariable, sea el ángulo ó el vértice de un triángulo cuyos lados estén apoyados en una base invariable completamente independiente de los demás puntos. Si se examina la construccion de las cimbras flexibles, se nota inmediatamente la imposibilidad de que puedan llenar esta condicion.

La fig. 1908 representa dos triángulos *a m a'*, *a n a'* que forman parte de la combinacion de que se acaba de tratar, los cuales dan las posiciones de los puntos *m* y *n* independientes de las de los demás puntos *a m n b a'*.

Tambien se puede hacer invariable la posicion de un punto, fijándole por un radio, tal como el *d o*, apoyado en una base invariable inflexible por medio de suficientes puntos de apoyo ó soportes fijos.

Las cimbras de las figs. 1547, 1556, 1557, 1560, 1564 y 1565 satisfacen bien á esta condicion.

Relativamente á la aplicacion del cálculo para determinar la resistencia de las piezas de madera que entran en la composicion de este sistema, se deduce que sólo debe calcularse la intensidad de fuerza segun la cual cada pieza, ó cada una de sus partes comprendidas entre puntos fijos, esté sometida á la compresion en sentido de la longitud de sus fibras, proporcionando su superficie de escuadria á esta presion.

Empuje de los arcos empleados en las cuchillas de las cubiertas.

Los arcos de medio punto y, con mayor motivo, los elípticos rebajados que se emplean en los cuchillos de las cubiertas, si son flexibles, dan empujes en los puntos de tangencia de las dos curvas que los constituyen, cuyos empujes proceden de la flexibilidad de un arco de escuadria uniforme que no tenga ninguna pieza que le mantenga su forma circular *a m b m' a'* (figura 1909), y por lo tanto adquiere la espresada en *a n p n' a'*, en la cual las tangentes, en los arranques, en vez de ser verticales, son inclinadas, como *a t*, *a' t'*. En esta posicion, el empuje en los arranques se dirige en sentido contrario al que ordinariamente tendria sin la flexibilidad.

Al tratar de los arcos compuestos de tablas puestas de plano, sistema Emy, se ha visto ya que estos empujes se destruyen dando á estos puntos del arco un mayor espesor, con lo cual se le aumenta su rigidez equilibrándole con la accion de su vértice, y conservándole así su curvatura invariable. En este caso sólo subsiste el empuje en los arranques.

Tanto las construcciones antiguas como las modernas demuestran que los hemiciclos del sistema de Filiberto Delorme sufren una depresion en sus vértices y manifiestan un empuje muy marcado en la parte llena del arco. Para destruir estos empujes ya no es posible emplear el que se aplica al sistema Emy, por cuanto por más tablas que se añadieran, lo que se lograria seria aumentar aquéllos á causa del peso añadido sin ninguna utilidad á estos hemiciclos. En el sistema de Filiberto Delorme, el cambio de forma se debe principalmente á la holgura de los ensambles de los extremos de las tablas más que á la flexibilidad de la madera, que es casi nula en las tablas de canto que, por lo demás, son muy cortas. El movimiento que se opera en estos hemiciclos tiene mucha analogia con el que tenia lugar en las bóvedas de silleria, por estar colocadas y ensambladas las tablas, en seccion, del mismo modo que las hiladas de dovelas.

Este asiento de las juntas y este empuje del arco podria corregirse dando á su extrados casi igual forma que el extrados de las bóvedas de silleria, es decir, aumentando su espesor en los arranques.

La fuerza y el empuje de los arcos em-

pleados en los entramados de mucha luz puede determinarse muy bien por aproximacion. Tómese como ejemplo un cuchillo del tinglado de Marac, ya descrito (figura 1023); el arco está dividido en tres partes distintas por los dos puntos en donde se une con los pares; estos dos puntos se corresponden con las cadenas colocadas á ambos lados entre las gemelas 7.ª y 8.ª El asiento de la parte superior del cuchillo comprendida entre estos dos puntos se verifica sin que la curvatura de la porcion de arco correspondiente haya cambiado sensiblemente. Se nota igualmente que las partes del mismo arco comprendidas entre estos arranques y estos mismos puntos, no aumentan de curvatura por ser muy débil su rigidez, aumentando ésta al dar más espesor al arco en su parte mas convexa, resistiendo perfectamente bien en este caso á las cargas que recibe.

Segun esto, es evidente que en el cálculo aproximado de que se trata, la rigidez del arco ó su resistencia puede representarse por la de una pieza $d\,d'$ (fig. 1909), colocada á cada lado en sustitucion del arco, cuyas fibras sean tangentes á las de dicho arco en su punto de interseccion con el plano de menor resistencia, cuya traza es la línea $r\,s$. Se debe suponer que esta pieza, al igual que el arco, resista: 1.º á la compresion en sentido de la direccion de sus fibras, bajo la presion ejercida por el peso del tejado y de su cobija; 2.º á la flexion que se produzca con el mismo peso del tejado, y de su cubierta obrando en sentido de la vertical $m\,o$, y descompuesta en dos fuerzas, en direccion de $m\,a$ ó $d\,d'$ la una, y en direccion de $m\,q$ la otra, aplicada ésta á la extremidad de la pieza $d\,d'$ ó del arco $m\,a$, apoyada en un punto fijo r de su centro, estando su otro extremo fijo en el punto d' ó en a, cuya hipótesis puede admitirse tratándose de un cálculo aproximado, puesto que el arco ó la pieza $d\,d'$ que le sustituye, se combina en el punto r con el piederecho y el par por medio de una gemela; lo cual equivale al esfuerzo de dos fuerzas aplicadas á los dos extremos de la pieza $d\,d'$ ó del arco en sentido de $m\,q$, $a\,q'$, ó á una sola fuerza doble aplicada al punto r en direccion de $o\,r$, estando situados los dos apoyos en los puntos d y d'.

Llamando P al peso de la cubierta, comprendiendo el de la cobija, Q al esfuerzo producido en direccion de las fibras de la pieza $d'\,d$, a al ángulo que forma la pieza $d\,d'$ ó la cuerda del arco $m\,n$ con la vertical, se tendrá, para la resistencia á la compresion, $Q = \frac{P}{\cos a}$.

Aplicando las cantidades correspondientes se halla que, siendo $P = 4{,}400$ kilógramos, $a = 35$ grados, Q será igual á 5,371 kilógramos; así pues, para resistir á la fuerza de compresion bastará una escuadria de 20 á 30 centímetros cuadrados.

Llamando R á la parte de la fuerza P que obra en sentido de $m\,q$, se tiene $R = P \operatorname{sen} a$, y para la fuerza R′ que obra en direccion de $o\,r$, se tiene $R' = 2\,P \operatorname{sen} a$. Aplicando las cantidades, siendo $P = 4{,}400$ kilógramos, se tendrá $R' = 5{,}048$ kilógramos, relativos al esfuerzo en sentido de $o\,r$. En el tinglado de Marac la línea $d\,d'$ ó $m\,a$, tiene 10′800 metros de longitud, el espesor horizontal del arco es de 0′130^{m}, la otra dimension de su escuadria, es 0′450^{m}; por consiguiente se tiene

$$R' = \frac{f\,e\,h^2}{l} = \frac{3'97\,\pi \times 130 \times 140^2}{10'800}$$

$= 9{,}677$ kilógramos, cuya cantidad es casi el doble de la resistencia que debe ofrecerse.

Con relacion al empuje sobre los muros á la altura de los arranques, partiendo siempre de la hipótesis de un cálculo aproximado, se puede considerar tambien el cuchillo como si estuviese compuesto de tres partes, constituidas para ser inflexibles, de modo que la línea $m\,a$, que es

la cuerda del arco, puede tomarse á cada lado con relacion á la parte inferior del arco.

Como la fuerza en sentido de *m a*, esto es: $Q = \frac{P}{\cos a}$, que obra sobre el punto *a*, se descompone en otras dos fuerzas, la resistencia del terreno se opone á la fuerza vertical; entonces la fuerza horizontal, en sentido *ae*, será representada = por $F \frac{P \operatorname{sen} a}{\cos a}$: Sustituyendo valores se encuentra F = 3,081 kilógramos, y su momento es igual á 9,243. El muro, desde los cimientos hasta el arranque, tiene 3 metros de altura; su espesor es de 1'12^m; el muro, desde el arranque hasta la solera tiene 7 metros de altura: su espesor es de 0'60^m; la separacion ó luz entre cuchillos es de 3 metros y el peso de la fábrica de 2,230 kilógramos por metro cúbico: el cubo del muro debajo del arranque es de

10'08^m, su peso de 22,579 kilógramos, su momento de. .	14,451.
el cubo del muro sobre el arranque es de:	
162,0^m, su peso de 28,224 kilógramos, su momento de. .	9,596.
El momento total es de. .	24,047;

que es á poca diferencia 2 veces $\frac{2}{3}$ el valor encontrado antes para el momento de F.

Si no se quisiera dar al arco la rigidez necesaria para conservarle su forma circular, debiéndose suplir este defecto contrarrestando los empujes por medio del muro, deberá calcularse, como se ha hecho anteriormente, la resistencia del arco ó de la pieza *d d'* segun la escuadria que tenga, y considerar la resistencia que le falte como una fuerza R que obre en direccion de *o r* que producirá en el punto *s* un empuje horizontal T = D cos *a*, siendo E el esceso de la fuerza R.

La fig. 1909 indica la disposicion que se puede adoptar para medir el empuje de los puntos débiles de los arcos, en la cual *a s*, *a' s'* representan los piederechos sobre los cuales se verifican los empujes, siempre que no se les destruya por la combinacion de las maderas ó se quieran vencer con la resistencia de un muro.

Al nivel de los puntos en donde se manifiestan los empujes se establecen dos poleas *x*, *x'* que correspondan al centro de la luz del cuchillo. Por estas poleas pasan dos cuerdas, uno de cuyos extremos está ligado á los puntos *n*, *n'*, sosteniendo en *z* un plato que recibe el peso suficiente para equilibrar el empuje, debiendo advertirse que debe cargarse antes el cuchillo, en todos los puntos en donde se apliquen las correas, con pesos iguales á la carga de las partes de la cubierta á que correspondan.

El peso que equilibra el empuje es el que sirve para determinar el espesor que debe darse á los muros, comprendiendo además el esceso de fuerza que debe dárseles para obtener una seguridad perfecta.

De los ensayos practicados se deduce que un muro que recibe un empuje en un solo punto debido á una fuerza horizontal, no se rompe en línea seguida al rededor de la arista exterior de su base, sino siguiendo dos líneas inclinadas que forman un triángulo cuyo vértice se encuentra en el terreno y la base al nivel del punto de aplicacion de la fuerza; de donde se deduce que el momento de la resistencia del muro debe dividirse por 2. Además, para evitar los choques y cargas accidentales, debe doblarse el momento del empuje en los cálculos; y, por último, debe sumarse este momento asimismo para que la resistencia sea mayor que el empuje, puesto que el equilibrio exacto no daria ninguna seguridad. Se ve con esto que la expresion del empuje obtenido, tanto teórica como prácticamente, debe sextuplicarse para determinar el momento de cada muro, y por consiguiente su espesor.

CAPÍTULO LXIV

SIERRAS MECANICAS

Las sierras mecánicas de que se tratará en este capítulo, no hacen más que reproducir el trabajo de las sierras de mano, pero en condiciones completamente distintas con relacion á la cantidad de trabajo producido y precision del mismo.

Dupont y Bouquet de la Grye consideran que con una sierra de largo se pueden hacer tablas de encina seca de 0'015^{m} de grueso empleando una hoja de 1 milímetro, la cual da un paso de 1 milímetro y medio de ancho, con 10 por 100 de merma, y sólo exige 30,000 kilográmetros de trabajo motor por metro cuadrado de superficie de paso, mientras que la sierra mecánica que trabaja en las mismas condiciones requerirá una hoja de 2 milímetros de espesor, dando un paso de 3 milímetros, 20 por 100 de merma y necesitando 63,000 kilográmetros por metro cuadrado de aserraje producido.

El aserrado mecánico tiene además el inconveniente de labrar las piezas de una vez, sin atender á las grietas y vicios que tenga la madera, mientras que el aserrado á mano permite modificar el alineado durante el trabajo.

Por el contrario, el aserrado mecánico tiene la gran ventaja de abrir pasos muy limpios, regulares y planos, compensando de este modo el exceso de merma ocasionado. Además, el precio de la mano de obra es más bajo que el del aserrado á mano, si bien exige un capital de instalacion importante y un gran trabajo motor.

Las sierras mecánicas son de dos clases: *sierras de movimiento alternativo* y *sierras de movimiento continuo.*

Las primeras se dividen á su vez en .

1.° Sierras verticales de una sola hoja, de movimiento alternativo, con carro móvil para el tronco;

2.° Las mismas sierras con plato fijo y cilindros conductores para los tablones;

3.° Las mismas sierras con varias hojas, de carro ó de cilindros.

Estos tres tipos se representan por varios sistemas fijos ó locomóviles con *mo-*

vimiento de trasmision por encima ó por debajo.

4.° Las sierras llamadas de *chapear*, con movimiento horizontal alternativo;

5.° Las sierras alternativas para calados llamadas *saltadoras*;

Las de movimiento circular son:

6.° Las sierras llamadas *circulares*, de carro móvil ó de plato fijo y guia;

7.° Las sierras sin fin ó de cinta, cuyos accesorios están combinados como en las anteriores.

1.—Sierras verticales de una sola hoja y carro

Las sierras de movimiento alternativo se componen generalmente de un bastidor en el cual se fijan la hoja ó las hojas, cuyo movimiento rápido se efectúa por medio de una biela movida por un árbol con manubrio. En las de una sola hoja, ésta está guiada por un bastidor vertical que le ofrece los pasos necesarios para la rectitud de su movimiento. En la parte destinada al mecanismo de las sierras hay una via que soporta el carro que recibe la pieza de madera, el cual se mueve mecánicamente en sentido del paso de la hoja.

Esta sierra se emplea siempre que se trate de ejecutar uno ó varios pasos en un tronco, es decir, en piezas que no tengan ninguna cara plana que pueda servir de guia, las cuales se fijan sólidamente al carro, y cuyo movimiento asegura entonces la rectitud del trazo.

La sierra de una sola hoja y carro ofrece el sistema más conveniente para escuadrear un tronco, pudiendo emplearla tambien para hacer tablones, debido á la disposicion del carro; pero para esto son preferibles las sierras de varias hojas y cilindros.

El sistema que se emplea en las fábricas es con movimiento por debajo por medio de una biela larga, exigiendo por lo tanto cimentacion y foso; pero si son trasportables y se las utiliza en el bosque, en este caso se hacen con movimiento por el centro ó por arriba.

2.—Sierras de una sola hoja, con plato fijo y cilindros

El movimiento de estas sierras es semejante al anterior, pero en éstas, la pieza de madera ya no está llevada por un carro, sino que descansa en un plato fijo pasando por entre dos pares de cilindros dispuestos á cada lado de la hoja; los cilindros posteriores son lisos, sirviendo de apoyo á la madera, y los anteriores están acanalados, moviéndose mecánicamente para arrastrar á la pieza.

En este sistema, la madera está guiada por sus propios paramentos, y el paso de sierra es paralelo á éstos, ó sea á la direccion de los cilindros-guias.

De esto resulta que la pieza sometida al aserrado debe tener á lo menos un paramento labrado.

3.—Sierras de varias hojas, con carro ó cilindro

Este tipo comprende un bastidor vertical, movido mecánicamente, que puede recibir cierto número de hojas, que varia segun las necesidades, así como tambien la distancia que deben guardar entre sí. Para el avance de la pieza puede emplearse un carro sobre rails ó bien cilindros, empleándose el primero para troncos, y los segundos cuando se trate de piezas que tengan un paramento recto, por lo menos.

La sierra de varias hojas es muy útil para ejecutar con rapidez varios pasos en una misma pieza, cuyo diámetro debe limitarse á la abertura del bastidor de las sierras, mientras que en un sistema de una sola hoja admite piezas de cualquier grueso.

4.—Sierras para el chapeado

Esta sierra viene á ser la reproduccion de la alternativa de una sola hoja, sólo

que en vez de moverse la sierra en sentido vertical, se mueve horizontalmente, avanzando la pieza de madera juntamente con el bastidor que la soporta.

Esta ingeniosa máquina permite dividir con la mayor regularidad las maderas en hojas delgadas.

A pesar de los grandes servicios que prestan estas máquinas, ha disminuido mucho su empleo desde la invencion de las máquinas *de partir*, que ofrecen la ventaja de no dar merma.

5.—Sierras para calar, llamadas saltadoras

Esta no es más que una sierra alternativa de hoja estrecha, de unos 30 centímetros de longitud, y que, atravesando la mesa, se mueve mecánicamente de arriba abajo, y de abajo arriba por medio de un muelle; la pieza de madera está guiada por el operario.

Esta sierra debe aislarse de modo que se pueda describir libremente un círculo de 3 á 4 metros de radio tomando por centro la hoja de la sierra.

6.—Sierras circulares

Se llama así un disco circular de acero cuya circunferencia está formada por dientes de sierra, el cual se fija á un eje horizontal con movimiento de rotacion, apoyado en cojinetes que forman parte de un banco-soporte.

El diámetro de este disco debe tener á lo menos dos veces y cuarto ó dos veces y media el grueso de la pieza que deba aserrarse. La fuerza absorbida por estas sierras es considerable por tener una gran parte de su superficie rozando con la madera; además de que para que no se alabee debe darse mucho paso á los dientes, y no debe ser la hoja tan delgada como en las otras sierras. De todo lo cual resulta mayor resistencia en el trabajo, un esceso de pérdida en madera y un sobregasto en fuerza motriz.

Con todo, estas sierras tienen la ventaja de su extremada sencillez de instalacion y mecanismo, y tambien la gran cantidad de trabajo que se obtiene comparativamente al poco emplazamiento que exigen.

Hay varias clases de sierras circulares: la *fija* ó *sencilla*, las *gemelas* que, con el mismo mecanismo de la sierra sencilla, hace dos hilos de una vez; la *automática*, que avanza por sí sola permaneciendo fija la pieza de madera, y otras.

7.—Sierra sin fin ó de cinta

Como su nombre lo indica, consiste esta sierra en una hoja muy larga cuyos extremos están soldados entre sí, de modo que en conjunto se presenta como una correa de transmision. Esta sierra va montada en dos poleas de igual diámetro animadas con un movimiento rápido y continuo, produciendo, á igual velocidad, doble trabajo que una sierra alternativa.

SIERRAS CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO

Sierra de una sola hoja, con cilindros, para aserrar la madera en tablones y en tablas (*Láms.* 12 y 13)

(Sistema Cochot.)

La figura 1 representa el alzado de la máquina vista por el lado del mecanismo de avance de la madera.

La figura 2 es una seccion transversal perpendicular á la figura 1.

La figura 3 es una seccion longitudinal por 3-4 de la figura 2.

La figura 4 es la planta vista por debajo.

La figura 5 es un detalle del bastidor de fundicion en donde se mueve la sierra propiamente dicha.

La figura 6 representa, vista de frente y de lado, la parte superior del montaje de la sierra.

La figura 7 es una seccion transveral de

esta misma pieza, con sus colisas colocadas en las guias del bastidor.

La figura 8 es una vista de frente y una seccion longitudinal del soporte de los cilindros de presion.

La figura 9 es una parte de la seccion del banco, viéndose el mecanismo que opera la presion en la madera y el juego del gatillo.

La figura 10 es una vista de frente del soporte de los cilindros acanalados.

En estas sierras es conveniente que la hoja tenga una inclinacion bastante sensible con relacion á la vertical para que al subir, sus dientes no toquen á la madera, la cual debe ser tanto mayor cuanto mayor sea el avance de la pieza que se sierre.

La velocidad de la máquina debe ser de 200 á 250 vueltas por minuto; y para evitar que se caliente la hoja, se le debe dar un buen recorrido, en cuyo caso trabajan mayor número de dientes.

Suponiendo una velocidad media de 200 golpes por minuto y un trayecto de 0'800^{m}, el espacio recorrido por los dientes de la sierra en un minuto es de

$$200 \times 2 \times 0'80 = 320 \text{ metros.}$$

Con esta carrera se pueden aserrar tablas de 30, 40 y 50 centímetros de altura; suponiendo el caso más general de tablas de 0'400^{m}, se obtiene con una velocidad de 0'018^{m}:

$$200 \times 0'018 \times 40 = 1'440^{m\,c};$$

para la superficie aserrada en un lado solamente, ó sea por horas:

$$1'440^{m\,c} \times 60 = 86'400^{m\,c};$$

Sierra de varias hojas, para troncos y grandes piezas escuadreadas

(*Láms.* 14 y 15)

(Sistema Perrin, Panchard y C.ª)

La fig. 1 representa la seccion longitudinal por el eje de la sierra.

La fig. 2 es el perfil por el lado de la salida de la madera.

La fig. 3 representa la parte principal del mecanismo en proyeccion horizontal, con una parte en seccion para que se vean las colisas del bastidor porta-hojas.

La fig. 4 es el carro porta-pieza visto en proyeccion horizontal.

Las figs. 5 y 6 son, vistas de frente y de lado, la union de las bielas L con uno de los montantes J del bastidor de las sierras.

El modelo que se representa tiene ajustada su marcha de este modo:

Número de golpes ó vueltas por minuto..	140 á 150.
Carrera del bastidor porta-hojas.	0'50^{m}.
Diámetro de las poleas motrices.	1 metro.

Si se supone que se necesite una fuerza de 10 caballos-vapor, el esfuerzo tangencial para limitar el esfuerzo de la correa motriz será:

$$E = \frac{10^{\text{cab.}} \times 75^{\text{kgrm.}}}{\frac{1 \times 3'14\ 16 \times 110}{60''}} = 102 \text{ kilógramos.}$$

Y como debe añadirse la tension primitiva que, en este caso puede suponerse igual, se contarán 200 kilógramos.

Sierra locomóvil de Th. Robinson et fils

(*Lámina* 16)

En esta sierra (fig. 1) el movimiento se comunica al bastidor porta-hojas por medio de una biela de dos brazos *a* formando horquillas, unidas á un brazo único que termina en el árbol motor. Este recibe en uno de sus extremos á las poleas fija y loca para la transmision, y en el otro extremo al volante V. El escéntrico *b* da movimiento á la palanca B que, por medio del sector *c*, lo comunica intermitente á la polea C que es la que hace avanzar á la madera.

Para ello, el eje de esta polea lleva un piñon dentado que engrana á la vez con las dos ruedas *d* cuyos ejes horizontales llevan los cilindros acanalados de arrastre.

Los cilindros superiores *e* ejercen pre-

sion sobre la pieza de madera por medio de las palancas de contra-peso L, y de las ruedas *l* que obran sobre las cremalleras E, en cuya parte inferior están montados dichos cilindros.

La altura de las cremalleras se ajusta con relacion al diámetro del tronco, haciendo mover los volantes *v* á mano, los cuales llevan piñones que engranan con ellas.

Los cuatro modelos que se construyen son para troncos de 9 metros de longitud por 0'40^{m}, 0'50^{m}, 0'60^{m} y 0'75^{m} de diámetro; cuyos pesos respectivos son de 4,000, 6,000, 7,000 y 8,000 kilógramos, y la fuerza motriz necesaria para su funcionamiento es de 3, 4, 5 y 6 caballos.

SIERRA LOCOMÓVIL DE A. RANSOME Y C.ª (*Lámina* 16)

Las figs. 2 y 3 representan esta sierra vista de lado y de frente; diferenciándose de la anterior sólo por los detalles de su construccion.

SIERRA LOCOMÓVIL DE CILINDROS (*Lám.* 17)

(Sistema Frey.)

Esta sierra se emplea para aserrar tablones, siendo su movimiento por arriba, y pudiendo aserrar dos tablones á la vez, para lo cual lleva dos juegos de cilindros de arrastre.

SIERRA PARA TRONCOS ESCUADRADOS (*Lámina* 17)

(Sistema Robinson et fils.)

Esta sierra es de movimiento por encima, para poderla establecer sin cimentacion; sin embargo, para consolidar la parte superior del bastimento, está afianzada con dos vigas A entregadas en los muros. El árbol motor lleva dos volantes V, dos poleas, la fija y la loca P, P', y el escéntrico *b* que es el que motiva el avance de la madera.

Se construyen seis modelos de este sistema para troncos de 8 á 10 metros de longitud, con separacion de montantes para el paso de piezas de 0'40 á 1 metro de grueso, cuya fuerza motriz necesaria varia entre 3 y 10 caballos.

SIERRA DE VARIAS HOJAS PARA TRONCOS DE UN METRO DE DIÁMETRO (*Lámina* 18)

(Sistema Perrin, Panchard y C.ª)

Las figuras 1 y 2 representan esta máquina, cuyo movimiento es por encima. En ella, el arrastre de la madera difiere del adoptado para las sierras con movimiento por debajo; en vez de estar soportado el tronco por carros de cuatro ruedas, descansa en un carro largo, completo, que resbala sobre rails llevando una cremallera movida mecánicamente por la máquina, sistema muy ventajoso cuando los troncos son muy torcidos. La fuerza motriz necesaria es de 10 á 15 caballos.

SIERRA DE CILINDROS, DE VARIAS HOJAS (*Lámina* 19)

(Sistema Baras.)

Esta sierra admite piezas de cualquier longitud, pero en cuanto á escuadria, el máximo es 0'300^{m} de altura por 0'250^{m} de ancho. La velocidad es de 180 vueltas por minuto. La carrera del bastidor de las sierras es de 0'360^{m}. La longitud de las hojas es de 0'930^{m}.

El avance de la madera alcanza de 3 á 12 milímetros por golpe de sierra, es decir, que varia entre 32'400^{m} á 129'600^{m} por hora.

SIERRA DE HOJA HORIZONTAL (*Lámina* 20)

(Sistema Robinson y Smith.)

Muchos son los sistemas de sierras imaginados para evitar las cimentaciones profundas, con lo cual se facilita además el paso de la madera por la máquina. Una de las disposiciones más originales para alcanzar este doble objeto es la máquina de que se trata (fig. 1).

Como lo indica la figura, esta disposi-

cion consiste en cambiar la direccion de la sierra, para que funcione horizontalmente; en cuyo caso, naturalmente, la transmision del movimiento sigue la misma direccion, y la pieza puede pasar libremente entre los bastimentos, sean las que fueren sus dimensiones tanto en sentido transversal como longitudinal.

El avance de la madera se obtiene con una cremallera fija en el carro y movida por un piñon que recibe el movimiento de una polea colocada en el árbol motor. Las máquinas de este sistema, para el aserraje de las maderas de o'60^{m} hasta 1 metro de escuadria y 7 á 8 metros de largo, sólo exigen, segun el constructor, una potencia motriz de 2 caballos.

El sistema de sierras horizontales tiene el grave inconveniente de no desalojar el serrin que se produce; muy al contrario de lo que sucede con las sierras verticales, las cuales dejan el paso completamente libre á cada movimiento.

SIERRAS ALTERNATIVAS PARA CALADOS Ó SALTADORAS (*Lámina* 20, *figura* 1)

(Modelo Mac-Dowall.)

El vaiven de esta sierra se resuelve por medio del escéntrico D colocado en el árbol del volante V.

La tension de la hoja se obtiene con el volante horizontal V que está en relacion con el balancin inferior B'.

El plato ó mesa E puede inclinarse á voluntad por medio del sector de colisa *e*.

SISTEMA ZIMMERMAN

(*Lámina* 20, *figura* 2)

El funcionamiento de esta máquina está basado en el mismo principio que el de la máquina anterior, sólo que el paralelógramo formado por las espigas *a*, *a'*, *b*, *b'* y los balancines B, B' de aquélla, se sustituye con una cuerda de tripa *a* que pasa por cuatro poleas *b*, estando unida por un extremo á las colisas *c*, *c'* de la sierra, y por el otro á la colisa *d* de la biela de transmision.

Esta máquina funciona á la velocidad de 360 vueltas por minuto, y la sierra recorre de 16 á 26 milímetros.

SIERRA CIRCULAR DE CARRO (*Lámina* 21)

(Sistema Arbey.)

La fig. 1 es el alzado longitudinal de esta máquina.

La fig. 2 es la proyeccion horizontal, vista en parte por la parte superior y en parte sin las tablas que forman el plano de la mesa.

La fig. 3 es una seccion transversal por el eje de la sierra 1-2.

El movimiento de avance se efectúa con las poleas J por medio de una correa que se coloca en una ú otra segun la rapidez de avance que se desee, con relacion á la dureza de la madera, y cuyo movimiento lo comunica el motor de la fábrica.

La forma de los dientes de las sierras circulares es á poca diferencia la misma que para las hojas rectas; pero como la velocidad de aquéllas es mayor, es conveniente disminuir el intérvalo entre las puntas siempre que deban utilizarse para maderas duras ó nudosas, y la via que abran debe ser tambien más ancha para facilitar el despejo del serrin; su espesor varia proporcionalmente á su diámetro, esto es, de 1 á 2 milímetros para diámetros de o'20^{m} á o'50^{m} y de 2 á 3 milímetros para diámetros de o'50^{m} á un metro.

La velocidad que generalmente se admite para las sierras circulares es de 20 á 25 metros por segundo en la circunferencia.

La fig. 4 representa la vista por un extremo de una sierra análoga á la anterior, sólo que en ésta el árbol C de la sierra da 800 vueltas por minuto, cuyo movimiento lo comunican las poleas *p*, *p'*, colocada la última en el árbol C' movido

por las poleas motrices P y P′ á la velocidad de 200 vueltas.

La mesa G destinada á recibir la pieza de madera, que constituye el carro propiamente dicho, recibe el movimiento por una cremallera *i* que engrana con el piñon *i′*, en cuyo eje hay la rueda R movida por el piñon *r*, colocado en el eje de las poleas J, que comunican por medio de correas con las otras poleas J′ del árbol motor.

Sierra circular de carro (*Lámina* 23)

(Sistema Ransome.)

La sierra circular representada por las figuras 1 y 2 puede emplearse tanto para troncos de dimensiones medias como para grandes diámetros, obteniéndose esto último por la sobreposicion de una segunda sierra á la primera, encontrándose ambas en un mismo plano.

Sierra circular de cilindros (*Lám.* 23)

(Sistema Ransome.)

Esta sierra sólo puede utilizarse para piezas escuadreadas, siendo sencillísimo su mecanismo.

Podrian presentarse un sinnúmero de sistemas de sierras circulares que se diferenciarian tan sólo en algunos detalles de construccion y en las combinaciones para el avance de la madera, por lo tanto las ya esplicadas bastan para que se comprenda la utilidad de este sistema.

Sierras circulares para partir

(*Lámina* 22)

Una aplicacion especialmente ventajosa de la sierra circular es las sierras destinadas á partir ó dividir transversalmente la madera, para lo cual se han ideado varias disposiciones, siendo las más ventajosas las siguientes:

Sistema Ransome.—La fig 5 representa la proyeccion vertical vista de lado, y la figura 6 el detalle de la base solamente de esta sierra, colocada en una cavidad del terreno B, de modo que la pieza se encuentra al nivel de éste, el cual tiene practicada una hendedura para el paso de la sierra, y ésta tiene movimiento de subida para poder atravesar el tronco; para ello el eje de la sierra está montado en unas piezas que forman parte de un travesaño que puede subir y bajar libremente guiado por los montantes del bastidor, impulsado por una espiga de rosca *b*.

Sistema Worssam y compañia.—Las figuras 7 y 8 (lám. 22) representan un tipo completamente distinto del anterior, llamado *de péndulo*, que se compone de una especie de balancin A formado por dos montantes de fundicion, montados en un árbol sostenido por las piezas B atornilladas en unas viguetas.

Generalmente esta sierra se suspende sobre un banco provisto de guias que retienen la madera que debe partirse, haciendo trabajar entonces la sierra tirándola el operario hácia sí por medio de una cuerda atada al anillo *b*.

Una sierra de 0‘60^{m} de diámetro puede partir diámetros de 0‘17 á 0‘18^{m}. La velocidad es de 350 vueltas por minuto, y la fuerza motriz necesaria es de un caballo.

Sistema americano.—Las figs. 9 y 10 (lámina 22) representan el alzado y planta de una máquina de este sistema, cuyas dimensiones son mayores que las del sistema anterior. En ésta, el eje *a* está soportado por dos ménsulas B fijas en los muros de la fábrica; los brazos A del balancin son de madera con el objeto de disminuir el peso, colocándose en sus extremos inferiores unos coginetes para el árbol de la sierra, movida por la polea P. Debajo de la sierra se mueven sobre rails los carros C que llevan la pieza al sitio que convenga, para dividirla, para lo cual se hace avanzar la hoja por medio del mango T.

Sistema Robinson et fils.—Las figs 11 y 12 (lámina 23) representan esta máquina

que, como la anterior, es igualmente oscilante, diferenciándose de aquélla en la suspension del eje. En ésta, el eje *a* descansa en soportes B fijos en el zócalo de fundicion C colocado sobre el terreno; lleva además las dos poleas fija y loca *p* y *p'*, y la polea P que trasmite el movimiento al árbol de la sierra S montado en coginetes al extremo de los brazos A.

El otro extremo lleva el contrapeso P' destinado á mantener el equilibrio, para lo cual se le puede acercar más ó menos al centro de oscilacion *a*.

El mango *d* permite ejercer presion para que la sierra muerda más ó menos en la madera.

La tuerca *e* impide, graduándola, que la sierra bascule con esceso.

Sistema Worssam y compañia.—El tipo representado por la fig. 13, lámina 22, tiene mucha analogia con el anterior, sólo que el movimiento de avance de la sierra es automático.

Máquina continua para dividir la madera en hojas delgadas (*Lámina* 24)

La fig. 1 es el alzado longitudinal de esta máquina.

La fig. 2 es la proyeccion horizontal por debajo.

La fig. 3 es una seccion transversal.

La fig. 4 es la guia de la cuchilla, dispuesta de modo que se pueda ajustar segun convenga.

La fig. 5 representa un detalle ampliado de la fig. 4.

La fig. 6 es un detalle de la accion de la cuchilla.

La fig. 7 es un tambor que sustituye á los ejes que sostienen á la pieza de madera para el caso de trabajar piezas de forma cualquiera.

La pieza está sostenida por los extremos de seccion cuadrada de los ejes B B' que se pueden aproximar más ó menos segun la longitud de la madera que se trabaja, la cual lleva una pieza radial de hierro en cada extremo en donde se introducen las puntas de aquéllos, y son los que le dan el movimiento.

Para facilitar la operacion, la madera se moja continuamente en el agua caliente de un depósito colocado debajo de ella, conservada en este estado por medio de un chorro de vapor procedente de la caldera del motor.

Máquina aplanadora de Fourness (*Lámina* 25)

La fig. 1 y 2 representan en elevacion y planta el porta-herramienta de esta máquina, que es la pieza principal de ella.

Los hierros de desbaste son dos *a*, montados en los extremos de las piezas A colocadas en la punta inferior del árbol B.

La madera se coloca en el carro móvil por medio de un disco D, cuyo centro está colocado en el eje del porta-herramientas, de modo que éstas trabajan describiendo un círculo al rededor del mismo.

Los hierros *a* (fig. 3) presentan un filo curvo, sensiblemente inclinado para que muerda gradualmente la madera.

Máquina para cepillar y aplanar la madera (*Lámina* 25)

(Sistema Calla.)

La fig. 4 es la proyeccion vertical vista exteriormente de lado, con los carros de arrastre y las guias.

La fig. 5 es una vista de frente.

Las figs. 6, 7 y 8 son los detalles del cepillo y de su colocacion en el porta-herramientas.

Las figs. 9, 10 y 11 representan una de las gúbias y su sistema de retencion en el plato.

La velocidad imprimida al árbol principal de la máquina y, por consiguiente, al plato porta-herramientas, es de 240 á 250 vueltas por minuto.

El diámetro de labra es de 1'500 me-

tros, y por lo tanto, la circunferencia es de 4'712.

El avance de la madera es de 1'200.

La velocidad del hierro, suponiendo una velocidad media de la máquina de 45 vueltas por minuto, será

$$4'712 \times 245 = 1154'440^{m}.$$

La relación entre la velocidad del hierro y la de la madera es:

$$\frac{1154'400}{1200} 6 :: 962 : 1.$$

Aplanando maderas de 0'350^{m} de ancho, el trabajo por minuto es para cada pieza de 1'200^{m} $\times$ 0'350^{m} = 0'4200^{mc}, y para los dos carros de

$$0'4200 \times 2 = 0'8400^{mc};$$

lo cual produce por hora 0'8400 $\times$ 60 = 50'400^{mc} de superficie aplanada, y por jornal de 10 horas = 504 metros cuadrados.

Suponiendo $^{1}/_{5}$ de pérdida de tiempo para cambio de piezas, afilado de los hierros y engrasado, se tiene:

$$504 - 100'700 = 403'200^{mc}.$$

Como un buen operario aplana, en un jornal de 10 horas, unos 8 ó 9 metros cuadrados de madera, resulta que la máquina hace el trabajo de 40 á 50 operarios.

Sierra de hoja sin fin, de carro, para troncos *(Lám. 26)*

Esta sierra trabaja los troncos en bruto. Consta del soporte A que soporta la polea superior P, mientras que la inferior P' descansa en otros soportes colocados en un foso.

El tronco está arrastrado por un carro H que resbala sobre rails de suficiente extensión para alcanzar las piezas de madera de mayores longitudes.

Esta máquina tiene una transmisión suplementaria para operar el retorno rápido, para cuya operación es indispensable desembragar la máquina. El manubrio Q, que forma parte del mecanismo para cambiar la posición de la correa *d*, sirve también para ajustar ó modificar la velocidad de avance del carro.

La disposición especial de las guías está representada por las figs. 2 y 3.

Esta sierra emplea hojas relativamente anchas y gruesas; las poleas tienen 1'50^{m} de diámetro á lo menos; si el desarrollo de la hoja tiene 1,350 metros por minuto, la velocidad de rotación de las poleas será en igual tiempo igual á

$$\frac{1350^{m}}{1'50^{m} \times 3'1416} = 286 \text{ vueltas por minuto.}$$

El trabajo de estas sierras es considerable, igualando á veces al de una sierra alternativa de 5 ó 6 hojas, y necesitando una fuerza motriz mucho menor.

Para obtener trazos bien regulares, debe emplearse una hoja bastante fuerte, bien tendida, y aproximar tanto como se pueda las guías.

La fig. 1, lámina 27, representa una modificación de esta sierra, consistente en que, en vez de estar la polea inferior apoyada en la obra de fábrica del foso, lo está en la base del mismo montante de la polea superior, lo cual da más seguridad al conjunto. Además, están mucho más simplificados los detalles, y lleva esta última un freno para parar con rapidez la máquina.

Sierra de hoja sin fin, de cilindros *(Lám. 27)*

La fig. 2 representa un modelo cuyas poleas tienen 1'10^{m} de diámetro. La pieza de madera va pasando de una manera continua por medio de cilindros acanalados movidos automáticamente por poleas escalonadas en el árbol motor, con lo cual se puede cambiar la velocidad según la dureza y altura de la madera.

La producción de esta máquina es consi-

derable, pues puede alcanzar 6 metros por minuto. La fuerza necesaria es de cinco caballos vapor.

Sierra sin fin para contornear
(Sistema Arbey)

La sierra representada en la lámina 28 representa en conjunto un modelo completamente de fundición, en el cual la mesa ó plato puede inclinarse á voluntad, estando protegida la sierra por cajas de madera para evitar los accidentes.

Máquina para escuadrear la madera por medio de cuchillas rotativas

En las láminas 29 y 30 están representadas las proyecciones de esta máquina, cuyo banco tiene 12 metros de longitud; pueden trabajarse en ella vigas de 9 metros con una escuadría de 0'60^{m}, labrando al mismo tiempo dos caras opuestas y paralelas, de modo que cada pieza debe sufrir dos operaciones consecutivas para quedar completamente escuadreada.

Esta máquina sirve únicamente para escuadrear; las cuchillas son en número de cuatro en cada lado, colocadas en las puntas de unos tambores formando estrella, que reciben directamente movimiento de la transmisión por medio de unas correas.

El avance de la pieza es por carro movido por un soporte de tuerca, que corre á lo largo de un eje de rosca V movido por el piñón de una polea N^{2} colocada en el extremo del soporte.

Máquina para cepillar maderas por sus cuatro caras *(Láms. 31 y 32)*
(Sistema Frey)

Las piezas principales de esta máquina son los hierros verticales, los hierros horizontales, la guía de entrada, la tabla móvil, la gran tabla soporte, los cilindros acanalados, los cilindros de presión para la pieza, y los cilindros de presión para el trabajo de los hierros.

Los hierros verticales G, G' son los que labran las caras verticales; los hierros horizontales E, H, son los que labran las caras horizontales.

La velocidad de estos últimos es de 2,000 vueltas por minuto; la de los primeros, 2,200 vueltas en el mismo tiempo.

La guía de entrada tiene por base un verdadero soporte de carro, sobre el cual se mueven las dos placas transversales *q* y *q'*, sometida constantemente esta última á la acción de la palanca de contrapeso O para que su galete ceda á las desigualdades de ancho de una misma pieza.

Los cilindros acanalados ya se sabe que determinan el avance de la pieza.

Los cilindros de presión *c*, *c* y *d* sirven para mantener la pieza X bien aplicada á las tablas D y F durante el trabajo de la herramienta ó hierro inferior E.

Los cilindros de presión *f*, *f*, que corresponden al trabajo del hierro superior H, apoyan en el bastidor portahierro móvil de modo que puedan seguirle en sus variaciones de altura.

Máquina para cepillar de hoja helizoidal *(Láms. 33 y 34)*
(Sistema Arbey)

Esta máquina labra un plano y los bordes de las piezas, siempre que el otro plano haya sido aplanado de antemano; también puede labrar ranuras y lengüetas en los bordes convenientemente preparados.

El avance de la madera se resuelve por los cilindros acanalados E, E' colocados encima, y el cilindro liso F colocado debajo, movidos por la polea G.

Los hierros de aplanar tienen la forma helizoidal, que permite morder la madera oblicuamente á las fibras, dando así una superficie perfectamente lisa.

Los hierros para la ranura y lengüeta están representados en detalle por las figuras 8 y 9, consistiendo en cuchillitas fijas

en los tambores K y K'. El que forma la ranura lleva dos cuchillas, y el que forma las lengüetas lleva cuatro pareadas.

Máquina doble para entallar cajas y labrar espigas *(Láms. 35 y 36)*

(Sistema Arbey)

Esta máquina está dispuesta para trabajar de dos modos distintos. En el uno las espigas se labran por medio de hierros aplanadores, hojas helizoidales delgadas, que permiten trabajar grandes longitudes; en el otro, se emplean sierras circulares, colocadas dos verticales y dos horizontales, que permiten trabajar la madera á contrahilo.

Las figs. 1 y 4 representan la máquina dispuesta para hacer las espigas de grandes dimensiones, empleando hierros de hojas helizoidales delgadas.

La fig. 5 representa el alzado de la máquina vista de frente, dispuesta para practicar cajas.

Las figs. 7 y 8 son la sección vertical y la horizontal de la máquina modificada para el empleo de sierras circulares en la fabricación de espigas á contrahilo.

La fig. 1 representa la máquina vista exteriormente de frente, trabajando con hierros helizoidales.

La fig. 2 es la misma máquina vista de lado y según un corte vertical por la línea 1-2 que pasa por el centro de los hierros.

La fig. 3 es una proyección horizontal completa exterior.

Máquina para labrar traviesas de ferrocarril *(Láms. 37 y 38)*

Las figs. 1, 2 y 3 dan á conocer perfectamente esta máquina, ideada por Frey, con la cual se labran los asientos de los cojinetes de los carriles, cuya operación se ejecuta por medio de tres cuchillos montados en un tambor triangular que muerden la madera en sentido inclinado.

Las figuras de la lámina 38 representan otra máquina del mismo inventor para entallar y agujerear traviesas, por medio de taladros gemelos continuos, colocados en posición oblicua perpendicular al plano del asiento del cojinete. Para el entalle se emplea un hierro inclinado con movimiento giratorio, montado en un bastidor de hierro á colisa.

Máquina compuesta *(Láms. 39 y 40)*

(Sistema Frey)

A esta máquina se la llama así por verificar varios trabajos distintos; así, pues, las figs. 1 á 6 representan una de estas máquinas con la cual se pueden hacer espigas, se puede taladrar y abrir cajas ó mortajas y se pueden hacer también molduras.

La máquina representada por las figs. 7 y 8 se llama de *trompo*, ejecutándose con ella molduras centradas ó circulares.

La fig. 9 es una máquina para entallar mortajas.

Máquina para tornear *(Láms. 41 y 42)*

(Sistema Freret)

Con la máquina representada por las figuras 1 á 6 se pueden tornear jalones, piquetes para tiendas de campaña, mangos largos, etc., distinguiéndose por un aparato cónico armado con tres hojas de acero, colocadas á distancias desiguales del centro, obrando la primera como desbastadora y terminando la tercera el trabajo perfecto.

Si bien esta máquina difiere sensiblemente de los tornos ordinarios, con todo hace un trabajo análogo, ofreciendo la gran ventaja que no requiere que se sepa tornear, puesto que el trabajo se ejecuta automáticamente, con gran rapidez y de un modo continuo, bastando simplemente saberla guiar.

Las figs. 7 á 10 dan á conocer otra máquina del mismo industrial, que sirve para cepillar tablitas delgadas, como las empleadas para las cajas de tabacos, haciendo in-

necesaria explicación alguna la inspección de las citadas figuras.

MÁQUINAS PARA LABRAR RAYOS DE RUEDAS, CAJAS DE FUSIL, ETC. *(Láms. 43 y 44)*

(Sistema Arbey)

Con estas máquinas se labran simultáneamente varias cajas de fusil, rayos de rueda, etc., pudiendo ejecutarse cualquier trabajo semejante, cambiando las plantillas.

Para la fabricación de zuecos, hay el mecanismo que da la forma exterior al blok de madera por medio de hojas rotativas de perfil determinado; viene luego la máquina de desbastar la planta, compuesta de un solo hierro rotativo montado en un carro vertical provisto de un tiento; por último, la máquina de alinear, en la cual la herramienta sigue los contornos exteriores dejando el grueso necesario á la madera.

La primera de estas tres máquinas puede, en virtud de su principio, utilizarse para la labra de los rayos de las ruedas, cajas de fusiles, de pistolas, y en general para todos los objetos que presentan exteriormente formas convexas ó cóncavas.

MÁQUINAS PARA FABRICAR CAJAS DE FUSIL *(Láms. 45, 46, 47 y 48)*

Las figs. 1 á 12 de las láminas 45 y 46 detallan una máquina para ejecutar las entalladuras en donde han de entrar las piezas principales; las figs. 1 á 8 de las láminas 47 y 48 dan á conocer la máquina para labrar los encajes de las guarniciones; en la lámina 48, figs. 9 y 10, se ve el dibujo de los órganos de transmisión para dichas máquinas.

La primera máquina es muy notable por la sencillez de su principio, cuyo conjunto consiste en una máquina de taladrar cuádruple, en la cual cada uno de los hierros obra como en las máquinas de desfondar; de modo que el útil no es más que una simple barrera giratoria que el operario dirige como le conviene, bien sea para hacerle seguir un contorno determinado, ó ya para introducirla más ó menos. La dirección del útil ó hierro se determina por medio de guías mecánicas que reproducen con la mayor exactitud la forma de los entalles que deban practicarse.

En esta máquina se deben considerar dos partes distintas, á saber: el hierro trabajador propiamente dicho, y el aparato especial dispuesto para recibir la pieza y las guías ó calibres.

Además de las máquinas que se acaban de indicar, existen muchísimas más, destinadas á labras distintas, que si tuviesen que describirse ofrecerían un trabajo interminable, tanto por el mecanismo especial de cada una de ellas, como por el objeto á que se destinan; así, pues, con las ya descritas basta para que se comprenda el interés que ofrece el trabajo mecánico en todo cuanto concierne á la madera, tanto por la economía de tiempo que ofrece como pôr la perfección en el trabajo, lo cual es imposible lograr completamente con el trabajo á mano.

FIN

ÍNDICE